



TUGAS AKHIR - RE 184804

**STUDI REDUKSI CO<sub>2</sub> UDARA AMBIEN OLEH RUANG TERBUKA HIJAU PADA KAWASAN PERMUKIMAN KECAMATAN GUNUNG ANYAR, SURABAYA**

BALQIS RANA TAQI JULLANAR  
0321154000015

DOSEN PEMBIMBING:  
Dr. Ir R. IRWAN BAGYO SANTOSO, MT.

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - RE 184804

**STUDI REDUKSI CO<sub>2</sub> UDARA AMBIEN OLEH RUANG TERBUKA HIJAU PADA KAWASAN PERMUKIMAN KECAMATAN GUNUNG ANYAR, SURABAYA**

BALQIS RANA TAQI JULLANAR  
0321154000015

DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Ir R. IRWAN BAGYO SANTOSO, MT.

Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya, 2019



FINAL PROJECT - RE 184804

**STUDY OF CO<sub>2</sub> REDUCTION IN AMBIENT AIR BY GREEN  
OPEN SPACE IN RESIDENTIAL AREA OF GUNUNG  
ANYAR SUB-DISTRICT, SURABAYA**

BALQIS RANA TAQI JULLANAR  
NRP. 0321154000015

ADVISOR  
Dr. Ir R. IRWAN BAGYO SANTOSO, MT.

Department of Environmental Engineering  
Faculty of Civil Environmental and Geo Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya, 2019

## TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik

Pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Oleh:

**BALQIS RANA TAQI JULLANAR**

NRP. 03211540000015

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



**Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT.**

NIP. 19650508 199303 1 001



# STUDI REDUKSI CO<sub>2</sub> UDARA AMBIEN OLEH RUANG TERBUKA HIJAU PADA KAWASAN PERMUKIMAN KECAMATAN GUNUNG ANYAR, SURABAYA

Nama Mahasiswa : Balqis Rana Taqi Jullanar  
NRP : 0321154000015  
Departemen : Teknik Lingkungan  
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT.

## ABSTRAK

Laju pertumbuhan penduduk Kota Surabaya mencapai 0,63% per tahun menyebabkan peningkatan aktivitas perkotaan. Hal ini menyebabkan tingginya intensitas penggunaan lahan yang berdampak pengalihfungsian lahan bervegetasi menjadi area terbangun. Konversi lahan terbesar terjadi pada sektor permukiman yang menyebabkan produksi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) meningkat. Dampak yang ditimbulkan adalah pemanasan global. Emisi CO<sub>2</sub> yang ditimbulkan secara langsung dari sektor permukiman berasal dari bahan bakar memasak (primer) dan energi listrik (sekunder). Total emisi CO<sub>2</sub> di Kecamatan Gunung Anyar mencapai 91.458,42 ton CO<sub>2</sub>/tahun. Ruang Terbuka Hijau (RTH) merupakan suatu mitigasi untuk menjaga keseimbangan struktur kota karena mampu menyerap emisi CO<sub>2</sub> dari segala aktivitas. Keberadaan luasan mangrove sebagai RTH di Kecamatan Gunung Anyar mengalami penurunan luasan sebesar 52% akibat pembangunan permukiman. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh proporsi unsur ruang (RTH dan non RTH) terhadap nilai reduksi CO<sub>2</sub> udara ambien (Net\_CO<sub>2</sub>-Con) pada kawasan permukiman Kecamatan Gunung Anyar sehingga dihasilkan model penetapan RTH.

Penentuan titik sampling menggunakan model *box*. Jumlah populasi (*box*) dan unit analisis (*box* sampel) ditetapkan berdasarkan luas kawasan dan kecepatan angin rata-rata. Metode yang digunakan adalah perhitungan integrasi deferensiasi. Penelitian dilakukan dengan pengukuran konsentrasi CO<sub>2</sub> udara

ambien selama 12 jam (06.00 hingga 18.00 WIB) pada 24 titik lokasi yang terbagi menjadi 3 *cluster*. Pengukuran dilakukan selama 7 hari (Senin-Minggu) dengan 5 kali pengulangan untuk hari kerja dan 2 kali untuk hari libur. Data pengukuran konsentrasi CO<sub>2</sub> akan diplotkan dalam grafik (Ct). Persamaan konsentrasi (Ct) dideferensiasi untuk mendapatkan persamaan laju konsentrasi CO<sub>2</sub> (dC/dt). Selanjutnya, dilakukan integrasi untuk mendapatkan nilai reduksi CO<sub>2</sub> (Net-CO<sub>2</sub>-Con). Uji korelasi dan regresi digunakan pada penelitian ini untuk menganalisis hubungan antar variabel dan parameter serta perumusan persamaan model RTH yang ideal.

Hasil penelitian menunjukkan pola konsentrasi CO<sub>2</sub> yang cenderung tinggi terjadi pada pagi hari (06.00), sedangkan terendah terjadi saat siang hari (12.00). Konsentrasi CO<sub>2</sub> rata – rata pada Kecamatan Gunung Anyar berada di bawah kategori udara bersih WHO (310-330 ppm). Nilai Net\_CO<sub>2</sub>\_Con rata – rata di 24 unit analisis bernilai negatif (-) yang artinya terjadi reduksi yang lebih besar daripada emisi CO<sub>2</sub>. Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa proporsi luasan RTH, permukiman, dan jalan/tanah berpengaruh signifikan terhadap nilai reduksi CO<sub>2</sub> (Net\_CO<sub>2</sub>) ditunjukkan dengan nilai P-value < 5%. Sedangkan badan air tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai reduksi CO<sub>2</sub> (Net\_CO<sub>2</sub>) karena nilai P-value > 5%. Model matematis penetapan ruang terbuka hijau untuk reduksi CO<sub>2</sub> adalah Net\_CO<sub>2</sub> = -192,214 - 170,815 %RTH.

**Kata kunci : emisi CO<sub>2</sub>, model box, Net\_CO<sub>2</sub>-Con, permukiman, ruang terbuka hijau**

# STUDY OF CO<sub>2</sub> REDUCTION IN AMBIENT AIR BY GREEN OPEN SPACE IN RESIDENTIAL AREA OF GUNUNG ANYAR SUB-DISTRICT, SURABAYA

Student Name : Balqis Rana Taqi Jullanar  
NRP : 0321154000015  
Department : Environmental Engineering  
Supervisor : Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT.

## ABSTRACT

The population growth rate of Surabaya is reaching 0,63% every year and it increases the urban activities. This explains the high intensity of land usage which impacted into the alteration of vegetative land into built-area. The largest land conversion is taken place in residential area which increases the carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) production. Global warming is impacted by this phenomenon. The CO<sub>2</sub> emission generated around residential area is originally produced from cooking fuel (primary) and electricity (secondary). The total CO<sub>2</sub> emission of Gunung Anyar District is reaching 91.4852,42 ton CO<sub>2</sub>/year. Green Open Space is a mitigation to maintain the sustainability of the city structure because it can absorb CO<sub>2</sub> emission from all activities. The existence of mangrove area as one of Gunung Anyar's green space area is narrowing about 52% due to residential area establishment. The purpose of this analysis is to understand the impact for elemental proportions of space (Green Space Area and non-Green Space Area) with the reduction of CO<sub>2</sub> value in ambient (Net\_CO<sub>2</sub>-Con) in Gunung Anyar Residential Area, therefore the Green Space Area establishment model can be developed.

The determination of the sampling point is using the box model. The amount of population (box) and analysis unit (sample box) is determined based on the region area and the average wind speed. This analysis is using integration differentiation calculations method. The analysis is conducted with measuring the CO<sub>2</sub>

concentration in ambient air for 12 hours (from 6 AM till 6 PM) in 24 location points which divided into 3 clusters. This procedure is conducted for 7 days (From Monday to Sunday) with 5 times repetition on the weekday and twice on the weekend. The CO<sub>2</sub> concentration measurement data will be plotted into graphic (Ct). The equation of concentration (Ct) is differentiated to achieve CO<sub>2</sub> reduction value (Net-CO<sub>2</sub>-Con). The correlation and regression test is used on this analysis to analyze the correlation between variables and parameters, also to formulate the ideal equation of Green Space Area model.

The analysis result is showing the quite high CO<sub>2</sub> concentration pattern is occurring in morning time (6 AM), meanwhile the lowest concentration is occurring in the day time (12 PM). The average CO<sub>2</sub> concentration in Gunung Anyar district below the quality standard of WHO (310-330 ppm). The Net\_CO<sub>2</sub>\_Con average value in 24 analysis units is negative (-), which means the higher reduction was occurred rather than the CO<sub>2</sub> emission. The correlation test result is showing Green Space Area proportion, residential area, and road are significantly affected the reduction of CO<sub>2</sub> value (Net\_CO<sub>2</sub>) which showed with P-value < 5%. In the other hand, the water body has no significant impact with CO<sub>2</sub> reduction value (Net\_CO<sub>2</sub>) due to P-value > 5%. The mathematic model of determining the green space area for CO<sub>2</sub> reduction is  $Net\_CO_2 = -192,214-170,815 \%GOS$ .

**Keywords: CO<sub>2</sub> emission, model box, Net\_CO<sub>2</sub>-Con, housing, Green Space Area**



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, berkah, dan hidayah-Nya kepada kita semua, khususnya pada penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul **“Studi Reduksi CO<sub>2</sub> Udara Ambien Oleh Ruang Terbuka Hijau pada Kawasan Permukiman Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya.”** Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan untuk memperoleh gelar sarjana teknik di Departemen Teknik Lingkungan, FTSLK, ITS.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua penulis atas doa, motivasi, bimbingan, serta materi yang telah diberikan tak terhingga kepada penulis.
2. Bapak Dr. Ir. Irwan Bagyo Santoso, M.T., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah mengajar dan membimbing dengan penuh kesabaran.
3. Bapak Welly Herumurti, S.T., M. Sc., selaku koordinator Tugas Akhir, terima kasih atas segala ilmu yang telah diajarkan.
4. Bapak Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D., Bapak Prof. Dr. Ir Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES, dan Bapak Dr. Abdu Fadli Assomadi, S. Si., MT selaku dosen pengarah yang telah memberikan masukan dan bimbingannya.
5. Teman-Teman Teknik Lingkungan 2015 atas bantuan dan motivasinya selama proses pelaksanaan tugas akhir ini
6. Dan seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu atas dukungan serta kerjasama yang telah diberikan.

Dalam penyusunan tugas akhir ini tentunya masih terdapat banyak kekurangan, karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Surabaya, Mei 2019

Penulis

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Ruang Lingkup .....	4
1.5 Manfaat .....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ) .....	5
2.1.1 Konsentrasi CO <sub>2</sub> di Udara Ambien .....	5
2.1.2 CO <sub>2</sub> Sebagai Indikator Kualitas Udara .....	6
2.2 Emisi Gas Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ) .....	7
2.2.1 Emisi CO <sub>2</sub> dari Sektor Permukiman .....	7
2.3 Pemanasan Global .....	8
2.4. Faktor Meteorologi yang Mempengaruhi Persebaran CO <sub>2</sub> 9	
2.4.1 Arah dan Kecepatan Angin .....	9
2.4.2 Suhu dan Kelembaban .....	11
2.5 Ruang Terbuka Hijau .....	12
2.5.1 Macam – macam RTH .....	13
2.5.2 Manfaat RTH .....	15

2.5.3	Mekanisme Penyerapan CO <sub>2</sub> oleh RTH.....	15
2.6	Model Dispersi Polutan (Model Box) .....	18
2.7	Penetapan Nilai Kumulatif Konsentrasi CO <sub>2</sub> (Net_ CO <sub>2</sub> -Con) .....	21
2.7.1	Konsentrasi CO <sub>2</sub> .....	21
2.7.2	Laju Konsentrasi CO <sub>2</sub> .....	22
2.7.3	Nilai Kumulatif Konsentrasi CO <sub>2</sub> (Net_ CO <sub>2</sub> -Con) .....	22
2.8	Uji Statistik .....	24
2.9	Penelitian Terdahulu .....	24
2.9.1	Uji Penetapan Net_ CO <sub>2</sub> -Con Saat hari Kerja dan Hari Libur di Urban Area.....	24
2.9.2	Uji Penetapan Net_ CO <sub>2</sub> -Con Ketinggian 2 Meter dan 34 Meter Saat Hari Kerja di Area Urban.....	26
2.9.3	Uji Penetapan Net_ CO <sub>2</sub> -Con untuk Berbagai Tutupan Lahan .....	27
2.9.4	Model Penetapan Ruang Terbuka Hijau .....	28
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....		29
3.1	Umum .....	29
3.2	Kerangka Penelitian.....	29
3.3	Metode Penelitian .....	32
3.3.1	Ide Penelitian .....	32
3.3.2	Studi Literatur .....	32
3.3.3	Alat dan Bahan Penelitian .....	33
3.3.4	Variabel Penelitian.....	35
3.3.5	Pengumpulan Data.....	36
3.3.6	Lokasi Penelitian .....	36
3.3.7	Waktu Penelitian.....	42
3.3.8	Tahapan Penelitian.....	43
3.3.9	Hasil dan Pembahasan .....	44

3.3.10	Kesimpulan dan Saran .....	46
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN .....	47
4.1	Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	47
4.1.1	Geografis dan Demografis Wilayah.....	47
4.1.2	Iklim dan Cuaca.....	48
4.1.3	Penggunaan Lahan Eksisting.....	49
4.1.4	Penentuan Lokasi Pengambilan Data .....	50
4.2	Pengukuran Konsentrasi CO <sub>2</sub> .....	54
4.2.1	Metode Sampling dengan Model Box .....	55
4.2.2	Pola Konsentrasi CO <sub>2</sub> .....	60
4.3	Delineasi Unit Analisis .....	67
4.4	Laju Konsentrasi Karbondioksida (CO <sub>2</sub> ).....	73
4.5	Uji Signifikansi .....	78
4.5.1	Proporsi RTH Terhadap KCO <sub>2</sub> .....	78
4.5.2	Proporsi Luasan Pemukiman Terhadap KCO <sub>2</sub> .....	82
4.5.3	Proporsi Jalan/Tanah Terhadap KCO <sub>2</sub> .....	86
4.5.4	Proporsi Badan Air Terhadap KCO <sub>2</sub> .....	90
4.5.5	Pengaplikasian Model Persamaan.....	94
4.6	<i>Isopleth Mapping</i> .....	102
4.6.1	Peta Isopleth Konsentrasi CO <sub>2</sub> .....	106
4.6.2	Peta Isopleth Net_CO <sub>2</sub> .....	110
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	114
5.1	Kesimpulan .....	115
5.2	Saran .....	115
DAFTAR	PUSTAKA .....	117
LAMPIRAN	.....	133
BIOGRAFI	PENULIS .....	177

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Nilai Konsentrasi CO <sub>2</sub> Global Tahun 2014 – 2018....	6
Gambar 2.2 Skala Meteorologi.....	11
Gambar 2.3 Hubungan Konsentrasi CO <sub>2</sub> dalam ppm dengan Suhu .....	12
Gambar 2.4 Mekanisme RTH Menyerap Polutan .....	17
Gambar 2.5 Hasil Pengukuran Fluk CO <sub>2</sub> pada Kota dan Taman Kota Essen .....	18
Gambar 2.6 Ilustrasi Model Box .....	21
Gambar 2.7 Kurva Laju Konsentrasi CO <sub>2</sub> (K) dan Nilai Kumulatif Konsentrasi CO <sub>2</sub> Udara Ambien (Net_ CO <sub>2</sub> Con) yang Direpresentasikan dengan Luasan Kurva .....	23
Gambar 2.8 (A) Konsentrasi CO <sub>2</sub> di Area Urban Saat Hari Kerja dan Hari Libur di Ketinggian 2 m. (B) Kurva Laju Konsentrasi dan Kumulatif Konsentrasi CO <sub>2</sub> untuk Periode 24 Jam Saat Hari Kerja. (C) Kurva Laju Konsentrasi CO <sub>2</sub> dan Kumulatif Konsentrasi CO <sub>2</sub> untuk Periode 24 Jam Saat Hari Libur .....	25
Gambar 2.9 (A) Konsentrasi CO <sub>2</sub> di Area Urban pada Hari Kerja pada Ketinggian 2m dan 34 m. (B) Kurva Laju Konsentrasi CO <sub>2</sub> dan Kumulatif Konsentrasi untuk Periode 24 Jam Saat Hari Kerja pada Ketinggian 2 m. (C) Kurva laju konsentrasi CO <sub>2</sub> dan Kumulatif Konsentrasi untuk Periode 24 Jam Saat Hari Kerja pada Ketinggian 34 m.....	27
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian .....	31
Gambar 3.2 CO <sub>2</sub> Analyzer Tipe Lutron GC- 2028 .....	33
Gambar 3.3 Anemometer .....	33
Gambar 3.4 GPS Garmin .....	34
Gambar 3.5 Penentuan Unit Analisis .....	37
Gambar 3.6 Populasi Box di Kecamatan Gunung Anyar .....	40
Gambar 3.7 Titik Sampling di Kecamatan Gunung Anyar .....	41

Gambar 4.1 Wilayah Studi Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya .....	47
Gambar 4.2 Peta Lokasi Pengambilan Data Konsentrasi CO <sub>2</sub> ...	53
Gambar 4.3 Contoh Situasi di Lokasi Sampling (Lokasi 2 <i>Cluster 3</i> dan Lokasi 3 <i>Cluster 2</i> ).....	54
Gambar 4.4 <i>Box Model</i> .....	56
Gambar 4.5 Pola Konsentrasi CO <sub>2</sub> di <i>Cluster I</i> .....	63
Gambar 4.6 Pola Konsentrasi CO <sub>2</sub> di <i>Cluster II</i> .....	63
Gambar 4.7 Pola Konsentrasi CO <sub>2</sub> di <i>Cluster III</i> .....	64
Gambar 4.8 Delineasi Titik 1 Cluster I (Kawasan tipe permukiman sederhana).....	68
Gambar 4.9 Delineasi 24 Unit Analisis .....	69
Gambar 4.10 Nilai kumulatif CO <sub>2</sub> pada Lokasi 1 Cluster I Senin, 25 Maret 2019.....	74
Gambar 4.11 Grafik Hubungan Nilai Kumulatif CO <sub>2</sub> dan Proporsi RTH .....	81
Gambar 4.12 Hubungan Nilai Kumulatif CO <sub>2</sub> dan Proporsi Luasan Permukiman.....	85
Gambar 4.13 Hubungan Nilai Kumulatif CO <sub>2</sub> dan Proporsi Jalan/Tanah .....	89
Gambar 4.14 Hubungan Nilai Kumulatif CO <sub>2</sub> dan Proporsi Badan Air .....	93
Gambar 4.15 Peta Titik Koordinat Sampling .....	105
Gambar 4.16 Peta Isopleth Konsentrasi CO <sub>2</sub> .....	109
Gambar 4.17 Peta Isopleth Net_CO <sub>2</sub> .....	113



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kriteria Udara Bersih dan Udara Tercemar Menurut WHO .....	6
Tabel 2.2 Index Pemanasan Global Gas Rumah Kaca .....	9
Tabel 4.1 Jumlah dan Tingkat Kepadatan Penduduk Berdasarkan Kelurahan di Kecamatan Gunung Anyar .....	48
Tabel 4.2 Penggunaan Lahan di Kecamatan Gunung Anyar.....	49
Tabel 4.3 Koordinat dan Elevasi Lokasi Pengukuran Konsentrasi CO <sub>2</sub> di Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya .....	51
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Konsentrasi CO <sub>2</sub> Rata – Rata Kawasan Permukiman pada Hari Kerja dan Hari Libur di Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya.....	58
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Konsentrasi CO <sub>2</sub> Rata – Rata Selama 12 Jam Kawasan Permukiman di Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya .....	61
Tabel 4.6 Hasil Delineasi Proporsi Penggunaan Lahan dan Fraksi RTH 24 Unit Analisis .....	71
Tabel 4.7 Cara Menghitung Nilai Reduksi KCO <sub>2</sub> Senin, 25 Maret 2019 di Titik 1 <i>Cluster</i> I Kawasan Permukiman Sederhana.....	73
Tabel 4.8 Nilai Reduksi CO <sub>2</sub> (Net_CO <sub>2</sub> ) Data Seri Waktu.....	77
Tabel 4.9 Uji Korelasi Proporsi RTH terhadap nilai KCO <sub>2</sub> .....	78
Tabel 4.10 Uji Regresi Proporsi RTH terhadap KCO <sub>2</sub> .....	80
Tabel 4.11 Uji Korelasi Proporsi Permukiman terhadap nilai KCO <sub>2</sub> .....	82
Tabel 4.12 Uji Regresi Proporsi Lahan Permukiman terhadap KCO <sub>2</sub> .....	84
Tabel 4.13 Uji Korelasi Proporsi Jalan/Tanah terhadap nilai KCO <sub>2</sub> .....	87
Tabel 4.14 Uji Regresi Proporsi Jalan/Tanah terhadap KCO <sub>2</sub> ....	88
Tabel 4.15 Uji Korelasi Proporsi Badan Air terhadap nilai KCO <sub>2</sub>	91
Tabel 4.16 Uji Regresi Proporsi Badan Air terhadap KCO <sub>2</sub> .....	92

Tabel 4.17 Tingkat Signifikansi Proporsi Unsur Ruang terhadap KCO<sub>2</sub> ..... 95

Tabel 4.18 Data Koordinat UTM, Konsentrasi CO<sub>2</sub>, dan Net\_CO<sub>2</sub>\_Con Rata – Rata..... 102

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 DOKUMENTASI LOKASI PENGUKURAN KONSENTRASI CO <sub>2</sub> .....	133
LAMPIRAN 2 DATA PENGUKURAN KONSENTRASI CO <sub>2</sub> ....	139
LAMPIRAN 3 DATA KECEPATAN DAN ARAH ANGIN .....	151
LAMPIRAN 4 DATA HASIL DELINEASI UNIT ANALISIS .....	161
LAMPIRAN 5 DATA LAJU KONSENTRASI CO <sub>2</sub> .....	163
LAMPIRAN 6 PETA ISOPLETH .....	181
LAMPIRAN 7 DOKUMENTASI PENELITIAN.....	189

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Menurut data dari Badan Pusat Statistik Kota Surabaya 2018, Kota Surabaya merupakan kota metropolitan dengan jumlah penduduk mencapai 2.765.487 jiwa dan laju pertumbuhan penduduk mencapai 0,63% per tahun pada kurun waktu 2000 – 2010. Peningkatan populasi Kota Surabaya secara langsung juga meningkatkan aktivitas kota yang tidak diimbangi dengan ketersediaan lahan penghijauan yang berfungsi untuk memperbaiki kualitas lingkungan, sehingga menyebabkan sumber pencemar udara dan suhu yang semakin meningkat (Rahmy *et al.*, 2012).

Aktivitas yang berkembang di kawasan perkotaan baik dari sektor permukiman, komersial, kehutanan, pertanian, transportasi, industri, maupun energi menjadikan tingginya intensitas penggunaan lahan yang berdampak pada pengalihfungsian lahan bervegetasi menjadi area terbangun sehingga mengurangi luasan Ruang Terbuka Hijau (RTH) kota (Adiastari, 2011). Pertumbuhan penduduk yang diiringi pembangunan infrastruktur permukiman mengakibatkan penggunaan lahan terbesar berasal dari sektor permukiman (BPIW Kementerian PUPR, 2018). Tingginya intensitas penggunaan lahan mengakibatkan peningkatan produksi emisi gas rumah kaca sehingga suhu permukaan bumi meningkat (*global warming*). Sumber utama emisi GRK yang banyak dikaji adalah karbondioksida (CO<sub>2</sub>) (Dhakal, 2010). 85% emisi GRK yang dihasilkan di Indonesia pada tahun 2005 berasal dari kegiatan penggunaan lahan terutama untuk permukiman (Novananda dan Setiawan, 2015). Berdasarkan data dari Kementrian Negara Lingkungan Hidup Indonesia CO<sub>2</sub> merupakan salah satu GRK yang dihasilkan di wilayah perkotaan atau urban, terutama dari sektor rumah tangga yang mengalami peningkatan produksi akibat penggunaan bahan bakar fosil. Kurniawati dan Setiawan (2012) menyatakan, sumber emisi CO<sub>2</sub> rumah tangga berasal dari kegiatan konsumsi bahan bakar memasak (emisi primer) dan konsumsi listrik (emisi sekunder).

Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sebagai penyumbang utama Gas Rumah Kaca (GRK) dan penyebab perubahan iklim dapat

menimbulkan efek negatif bagi kondisi sosial, ekonomi, serta lingkungan (Sub Direktorat Statistik Lingkungan Hidup, 2015). Lebih dari 75% komposisi GRK di atmosfer adalah CO<sub>2</sub> (Indah *et al.*, 2010). Divisi Pemantauan Global NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) *Earth System Research Laboratory* melaporkan pada juni 2018 rata-rata konsentrasi CO<sub>2</sub> global sebesar 407,8 ppm.

Penyediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) merupakan salah satu mitigasi pemanasan global yang tepat dan paling implementatif dalam upaya mereduksi emisi CO<sub>2</sub> (Rawung, 2015). RTH yang ideal adalah 30% dari luas wilayah (UU No. 26 Tahun 2007). Luasan RTH pada kota besar di Indonesia seperti Jakarta, Surabaya, Medan dan Bandung rata – rata berkurang dari 35% pada awal tahun 1970-an menjadi kurang dari 10% saat ini. RTH sebagian besar telah dikonversi menjadi infrastruktur perkotaan seperti jaringan jalan, pusat perbelanjaan, gedung-gedung perkantoran, serta kawasan permukiman baru (Dwiyanto, 2009).

Menurut data dari DKRTH (2018), RTH publik berupa taman atau jalur hijau yang ada di Surabaya Timur sebesar 62,49 ha sedangkan khusus di Kecamatan Gunung Anyar sebesar 3.802 m<sup>2</sup>. Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2014, Kecamatan Gunung Anyar merupakan bagian dari Kawasan Pamurbaya yang memiliki ekosistem mangrove yang telah ditetapkan sebagai kawasan lindung dan berfungsi sebagai RTH. Kecamatan ini mengalami penurunan luasan mangrove terbesar hingga 120 ha (52%). Kawasan ini terancam perluasan pembangunan Kota Surabaya ke arah timur sehingga mengakibatkan perubahan fungsi lahan menjadi permukiman (Syamsu, 2018). Salah satu bentuk alih fungsi lahan yang terjadi adalah pembangunan perumahan dan apartemen yang dilakukan oleh pihak pengembang (BLH, 2012).

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini dilakukan di Kecamatan Gunung Anyar karena menurut RTRW Kota Surabaya (2015), Kecamatan ini didominasi oleh sektor permukiman yang termasuk kawasan permukiman kepadatan rendah dan terancam adanya pengalihfungsian lahan bervegetasi menjadi lahan permukiman sehingga keberadaan RTH sangat dibutuhkan. Namun belum diketahui apakah luasan RTH di Kecamatan Gunung Anyar sudah mampu untuk mereduksi CO<sub>2</sub> hingga

memenuhi ambang batas baku mutu *World Health Organization* (WHO) yaitu 310-330 ppm. Saat ini belum ada ketentuan terkait proporsi RTH yang ideal untuk suatu wilayah atau daerah pada kondisi tertentu. Sesuai dengan tujuan penelitian ini, diharapkan dapat diketahui pengaruh proporsi unsur ruang (RTH dan non RTH) terhadap nilai kumulatif konsentrasi karbon dioksida (Net\_CO<sub>2</sub>-Con) sebagai indikator reduksi CO<sub>2</sub> udara ambien oleh RTH dan dihasilkan model penetapan RTH sebagai pertimbangan perencanaan tata ruang khususnya penyediaan RTH yang ideal pada kawasan permukiman di Kecamatan Gunung Anyar.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Perumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh proporsi unsur ruang (RTH dan non RTH) terhadap nilai kumulatif karbon dioksida (Net\_CO<sub>2</sub>-Con) sebagai indikator reduksi CO<sub>2</sub> udara ambien oleh ruang terbuka hijau pada kawasan permukiman di Kecamatan Gunung Anyar?
2. Bagaimana model penetapan ruang terbuka hijau berdasarkan proporsi unsur ruang (RTH dan non RTH) pada kawasan permukiman di Kecamatan Gunung Anyar?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan pengaruh proporsi unsur ruang (RTH dan non RTH) terhadap nilai kumulatif karbon dioksida (Net\_CO<sub>2</sub>-Con) sebagai indikator reduksi CO<sub>2</sub> udara ambien oleh RTH pada kawasan permukiman di Kecamatan Gunung Anyar.
2. Menghasilkan model penetapan ruang terbuka hijau (RTH) untuk mereduksi CO<sub>2</sub> udara ambien berdasarkan proporsi unsur ruang (RTH dan non RTH) pada kawasan permukiman di Kecamatan Gunung Anyar.

#### **1.4 Ruang Lingkup**

Ruang Lingkup pada penelitian ini adalah:

1. Wilayah penelitian dilakukan dalam skala lapangan di dalam kawasan permukiman Kecamatan Gunung Anyar.
2. Penelitian dilaksanakan pada rentang waktu bulan Februari hingga April 2019.
3. Pengambilan sampel udara ambien dilakukan selama 12 jam (06.00-18.00) dengan pengamatan selama 7 hari (Senin-Minggu) dengan 5 kali pengulangan untuk hari kerja dan 2 kali untuk hari libur. Pengulangan dilakukan untuk akurasi data.
4. Parameter yang digunakan adalah CO<sub>2</sub> udara ambien.
5. Variabel yang digunakan adalah konsentrasi CO<sub>2</sub>, proporsi fraksi Ruang Terbuka Hijau (RTH), dan proporsi unsur ruang non RTH.
6. Metode yang digunakan adalah perhitungan integrasi deferensiasi.
7. Analisis penentuan pengaruh menggunakan uji statistik.

#### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Memberikan informasi terkait nilai kumulatif konsentrasi karbon dioksida (Net\_CO<sub>2</sub>-Con) sebagai indikator kemampuan ruang terbuka hijau dalam mereduksi CO<sub>2</sub> udara ambien pada kawasan permukiman di Kecamatan Gunung Anyar.
2. Mengembangkan model persamaan penetapan RTH yang efektif dalam mereduksi CO<sub>2</sub> udara ambien sebagai dasar perencanaan proporsi RTH untuk penataan ruang suatu wilayah atau kawasan khususnya kawasan permukiman Kecamatan Gunung Anyar mendatang.
3. Evaluasi kecukupan ruang terbuka hijau (RTH) yang efektif bagi pihak Pemerintah Kota Surabaya untuk usaha perbaikan kualitas udara di Kota Surabaya.



## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)

Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan salah satu Gas Rumah Kaca (GRK) yang memberikan kontribusi paling besar terhadap peningkatan rata-rata suhu dunia. Pada kondisi normal ( $\pm 300$  ppm), CO<sub>2</sub> berperan menjadi regulator neraca energi atmosfer bumi sehingga mampu menjadi stabilisator suhu udara. Tanpa GRK, suhu atmosfer di bawah (troposfer) akan menjadi 34°C lebih rendah (Junaedi, 2007). CO<sub>2</sub> adalah sejenis senyawa kimia sisa hasil pembakaran karbon yang sempurna yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah atom karbon (Sihotang dan Assomadi, 2010).

Sifat CO<sub>2</sub> antara lain:

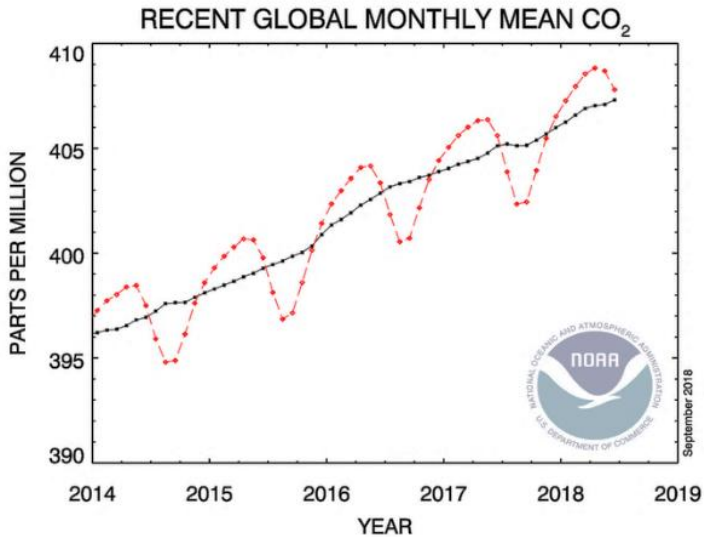
- Titik lebur : -78 °C
- Titik didih : -57 °C
- Kelarutan : 1,45 gram/liter pada 25 °C tekanan 100 kPa
- Keasaman : pKa 6,35 – 10,33
- Indeks reaksi : 1,1120
- Viskositas : 0,07 pada -78 °C
- Densitas : 1,977 kg/m<sup>3</sup> (STP)
- Kalor : 37,13 J mol<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup> (25 °C)

CO<sub>2</sub> bersifat tidak berwarna dan tidak berbau. Pada konsentrasi tinggi, CO<sub>2</sub> berbau tajam dan menimbulkan rasa asam juga menyengat ketika terhirup oleh manusia (Soemirat, 2005; Topham *et al.*, 2014).

#### 2.1.1 Konsentrasi CO<sub>2</sub> di Udara Ambien

Menurut *Intergovernmental Panel on Climate Change* atau IPCC (2006), setiap tahunnya konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer mengalami peningkatan. Saat ini konsentrasi rata-rata CO<sub>2</sub> di permukaan bumi sebesar 387 ppm, angka tersebut dapat bervariasi tergantung waktu dan lokasi. Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan salah satu GRK yang dapat menyebabkan pemanasan global (Adiastari, 2011). Samiaji (2010) menyatakan bahwa

konsentrasi CO<sub>2</sub> permukaan dari tahun 2004 hingga 2010 mengalami peningkatan dari 373 ppm menjadi 383 ppm. NOAA *Earth System Research Laboratory* (ESRL) melakukan pengukuran CO<sub>2</sub> pada tahun 2017 didapatkan hasil sebesar 405,61 ppm dan pada tahun 2018 kadar CO<sub>2</sub> sebesar 407,8 ppm (Gambar 2.1).



Gambar 2.1 Nilai Konsentrasi CO<sub>2</sub> Global Tahun 2014 – 2018

Sumber: <http://www.esrl.noaa.gov>

### 2.1.2 CO<sub>2</sub> Sebagai Indikator Kualitas Udara

Menurut Badan Kesehatan Dunia (WHO) dalam Mukono (2007), CO<sub>2</sub> sebagai indikator kualitas udara terbagi menjadi 2 kategori yaitu udara tercemar dan udara bersih. Nilai konsentrasi parameter udara dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kriteria Udara Bersih dan Udara Tercemar Menurut WHO

No	Parameter	Udara Bersih	Udara Tercemar
1.	Bahan Partikel	0,01-0,02 mg/m <sup>3</sup>	0,07-0,7 mg/m <sup>3</sup>
2.	SO <sub>2</sub>	0,003-0,02 ppm	0,02-2 ppm
3.	CO	< 1 ppm	5-200 ppm

No	Parameter	Udara Bersih	Udara Tercemar
4.	NO <sub>2</sub>	0,003-0,02 ppm	0,02-0,1 ppm
5.	CO <sub>2</sub>	310-330 ppm	350-700 ppm
6.	Hidrokarbon	< 1 ppm	1-20 ppm

Sumber: Mukono, 2007

Dari Tabel 2.1 dapat disimpulkan, konsentrasi CO<sub>2</sub> pada udara bersih adalah 310 ppmv – 330 ppmv apabila di atas 350 ppmv dikategorikan udara tercemar.

## 2.2 Emisi Gas Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)

Emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan pencemaran atau pelepasan gas karbon dioksida ke udara. Emisi CO<sub>2</sub> biasa dinyatakan setara ton karbon dioksida. Emisi CO<sub>2</sub> menyebabkan kadar Gas Rumah Kaca (GRK) di atmosfer meningkat, sehingga menimbulkan peningkatan efek rumah kaca dan pemanasan global (Sugiyono, 2006).

IPCC (2006) menyatakan, dari tahun 1970 hingga 2004 telah terjadi peningkatan emisi GRK sebesar 70% dan CO<sub>2</sub> merupakan gas terpenting pada elemen GRK. Peningkatan emisi gas atau emisi CO<sub>2</sub> juga terjadi sebesar 80% yaitu sebesar 21 Gigaton (Gt) hingga 38 Gigaton. Komposisi emisi CO<sub>2</sub> dalam total GRK sekitar 77%. Peningkatan GRK ini disebabkan oleh dua sektor utama, yaitu energi dan transportasi. Ada 3 sektor lain yang berpengaruh dengan tingkat pertumbuhan rendah, yaitu bangunan permukiman dan komersial serta kehutanan, termasuk pembakaran hutan dan pertanian. Sektor energi berpengaruh 25,9%, industri 19,4%, transportasi 13,1%, kehutanan, 17,4%, pertanian 13,5%, bangunan permukiman dan komersial 7,9%, serta sampah-air buangan 2,8%.

### 2.2.1 Emisi CO<sub>2</sub> dari Sektor Permukiman

Kepadatan penduduk Kota Surabaya mencapai 83 jiwa/ha menyebabkan penggunaan lahan untuk permukiman menghabiskan paling banyak lahan dari pada penggunaan lahan yang lain (RTRW Surabaya, 2015). Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan adanya perubahan tata guna lahan dari tahun 2003 - 2013 yang paling luas yaitu pada sektor permukiman

(Rosytha, 2016). Data yang dihimpun dari Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia, menunjukkan bahwa sektor energi memberikan sumbangan terbesar terhadap GRK, khususnya CO<sub>2</sub> yang bersumber dari penggunaan bahan bakar memasak. Menurut Kurdi (2008), emisi CO<sub>2</sub> yang ditimbulkan oleh kawasan permukiman berasal dari bahan bakar memasak (minyak LPG) atau minyak bumi, gas, bensin serta solar untuk transportasi, pemakaian listrik, dan tanki septik.

Rata-rata produksi emisi CO<sub>2</sub> di masing-masing kecamatan Kota Surabaya sebesar  $7,90121 \times 10^{21}$  Kg CO<sub>2</sub>/tahun. Penyebab terbesar emisi CO<sub>2</sub> pada sektor rumah tangga adalah emisi primer yaitu emisi dari bahan bakar memasak skala rumah tangga sebesar 99,98% sedangkan emisi sekunder berasal dari konsumsi listrik sebesar 0,02%. Intensitas penggunaan lahan perumahan dan faktor konsumsi energi, baik primer maupun sekunder merupakan faktor yang berpengaruh dalam rumah tangga (Kurniawati dan Setiawan, 2012). Faktor lain penyebab emisi yaitu jumlah rumah tangga, serta pertumbuhan ekonomi dan pendapatan perkapita suatu daerah (Nugrahayu *et al.*, 2017). Emisi CO<sub>2</sub> yang berasal dari sektor permukiman Kecamatan Gunung Anyar adalah 652,15 ton CO<sub>2</sub>/bulan dan transportasi sebesar 6.969,37 CO<sub>2</sub>/tahun. Total emisi CO<sub>2</sub> Kecamatan Gunung Anyar sebesar 91.458,42 ton CO<sub>2</sub>/tahun (Pradiptiyas *et al.*, 2011).

### **2.3 Pemanasan Global**

Pemanasan global (*Global Warming*) merupakan fenomena peningkatan temperatur global dari tahun ke tahun karena terjadinya efek rumah kaca (*greenhouse effect*) yang disebabkan oleh meningkatnya emisi gas-gas seperti karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), dinitrooksida (N<sub>2</sub>O) dan CFC sehingga energi matahari terperangkap dalam atmosfer bumi (Muhi, 2011). Peningkatan temperatur rata-rata global terjadi sejak pertengahan abad ke 20, kemungkinan besar disebabkan oleh peningkatan konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK) akibat aktivitas manusia melalui efek rumah kaca (IPCC, 2006).

Gas-gas rumah kaca (GRK) yaitu gas CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, dan gas-gas lainnya di atmosfer. Komposisi GRK di udara tersusun dari gas CO<sub>2</sub> 55%, gas methana 15%, gas N<sub>2</sub>O 6%, dan gas-gas

lainnya 24% (Hairiah *et al.*, 2016). Menurut data dari IPCC (2007), ada tiga jenis GRK utama yaitu karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), gas methana (CH<sub>4</sub>), dinitrogen oksida (N<sub>2</sub>O) yang mempunyai rentang masa hidup cukup panjang 10 hingga 200 tahun. Dari ketiga GRK tersebut, gas CO<sub>2</sub> merupakan gas yang paling pesat laju peningkatannya, dan masa hidupnya paling panjang, walaupun kemampuan radiasinya lebih rendah dari pada kedua gas lainnya.

Menurut Samiaji (2009), efek rumah kaca timbul karena GRK mempunyai indeks pemanasan global atau potensi pemanasan GRK yang dapat dilihat pada Tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.2 Index Pemanasan Global Gas Rumah Kaca

Jenis Gas Rumah Kaca	Potensi Pemanasan (ton CO <sub>2</sub> ekuivalen)
Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	1
Metana (CH <sub>4</sub> )	21
Nitro oksida (N <sub>2</sub> O)	310
Hydrofluorocarbon (HFCs)	500
Sulfur hexafluoride (SF <sub>6</sub> )	9200

Sumber: KLH Indonesia The First National Communication,  
1999

Berdasarkan data di atas, meskipun CO<sub>2</sub> mempunyai potensi pemanasan yang paling kecil, akan tetapi karena konsentrasinya di atmosfer yang paling besar dibanding gas rumah kaca yang lain yaitu sebesar 55%, sehingga CO<sub>2</sub> yang mempunyai potensi besar penyebab utama pemanasan global.

## **2.4. Faktor Meteorologi yang Mempengaruhi Persebaran CO<sub>2</sub>**

### **2.4.1 Arah dan Kecepatan Angin**

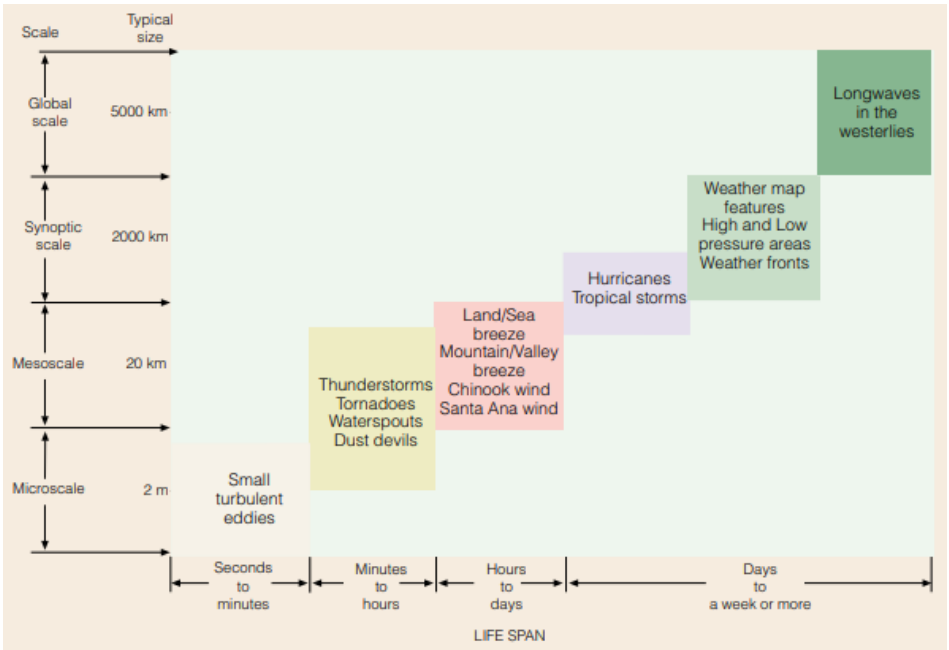
Angin terjadi disebabkan perbedaan tekanan dan temperatur bumi. Angin bergerak dari tempat bertekanan tinggi menuju tempat bertekanan rendah. Arah dan kecepatan angin merupakan salah satu faktor persebaran polutan di udara. Polutan

menyebar secara horizontal dan vertikal karena arah dan kecepatan angin. Kecepatan angin berkorelasi terbalik dengan konsentrasi polutan. Kecepatan angin besar menyebabkan polutan mengalami pengenceran sehingga konsentrasi polutan semakin kecil (emisi berkurang) (Magidi, 2013).

Berdasarkan skala pergerakan atmosfer berdasarkan ruang dan waktu skala meteorologi dapat dikelompokkan menjadi 4, yaitu:

- a. Skala mikro, merupakan kondisi cuaca yang terjadi pada area kecil kurang dari 1 km yang hanya berlangsung dalam beberapa menit. Contohnya adalah pergerakan angin akibat hambatan bangunan atau pergerakan kendaraan bermotor.
- b. Skala meso, terjadi pada area kurang dari 20 km yang terjadi dalam waktu beberapa menit hingga beberapa jam. Contohnya adalah sirkulasi angin darat, angin laut, dan angin puting beliung/tornado.
- c. Skala makro/sinoptik, fenomena yang terjadi pada area ratusan hingga ribuan kilometer yang terjadi dalam beberapa hari seperti tornado dan siklon tropis.
- d. Skala global/planetary, merupakan kondisi cuaca pada area lebih dari 5000 km, merupakan rangkuman berbagai skala gerak dan rentang hidup rata – rata. Contohnya adalah penjalaran jetstream dan sirkulasi angin monsoon.

Ilustrasi skala pergerakan atmosfer dapat dilihat pada Gambar 2.2.



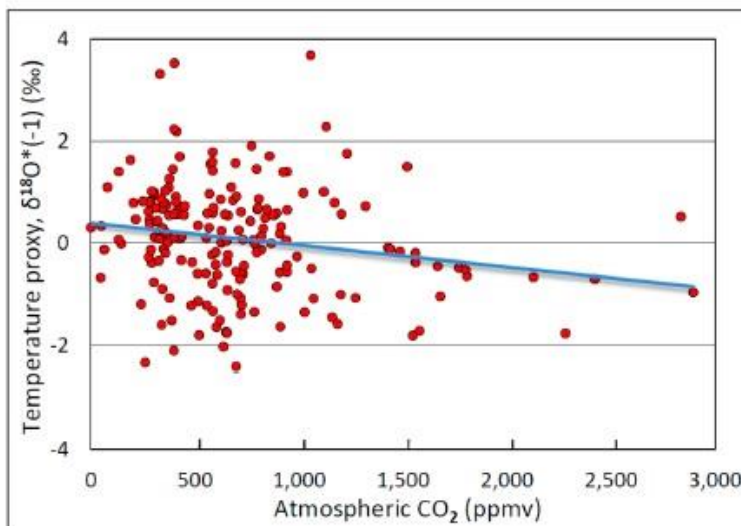
Gambar 2.2 Skala Meteorologi  
 Sumber: Ahrens dan Henson, 1993

Arah angin menentukan ke arah mana polutan menyebar, sedangkan kecepatan angin menentukan sampai sejauh mana polutan disebarkan (Ramadhani, 2017). Kecepatan angin yang tinggi akan menghasilkan pencampuran maksimum dari lapisan atmosfer, dan tingkat CO<sub>2</sub> akan mendekati garis dasar global (Ying, 2010). Menurut Contini *et al.* (2012), menyimpulkan bahwa kecepatan angin yang tinggi akan mengakibatkan rendahnya nilai konsentrasi CO<sub>2</sub>.

### 2.4.2 Suhu dan Kelembaban

Ying (2010) menyatakan, ada korelasi negatif antara suhu udara harian dan CO<sub>2</sub>. Suhu harian yang lebih rendah akan menghambat laju fotosintesis serta siklus karbon atmosfer sehingga menyebabkan tingkat CO<sub>2</sub> terendah terjadi di musim

panas dan tertinggi di musim dingin karena respon yang berbeda dari laju fotosintesis terhadap suhu udara yang berbeda – beda. Konsentrasi CO<sub>2</sub> pada malam hari lebih tinggi dibandingkan siang hari karena atmosfer yang relatif tenang akibat rendahnya kecepatan angin pada malam hari dan adanya proses respirasi yang menghasilkan CO<sub>2</sub>. Bahan organik di dalam tanah akan melepaskan lebih banyak CO<sub>2</sub> ketika mengekspos ke suhu udara yang tinggi. Kondisi panas yang terus menerus dapat menurunkan kelembaban di tanah dan memperlambat laju reaksi proses fotosintesis. Grafik korelasi suhu dan tingkat CO<sub>2</sub> dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Hubungan Konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam ppm dengan Suhu  
Sumber: Komala, 2010

## 2.5 Ruang Terbuka Hijau

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.5/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan, Ruang



Terbuka Hijau (RTH) merupakan area memanjang/jalur dan atau mengelompok, yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman secara alamiah maupun yang sengaja ditanam. Joga dan Iwan (2011) menyatakan, RTH merupakan suatu lahan atau kawasan yang mengandung unsur dan struktur alami yang dapat menjalankan proses-proses ekologis, seperti pengendali pencemaran udara, ameliorasi iklim, pengendali tata air, dan sebagainya. Unsur alami inilah yang menjadi ciri RTH di wilayah perkotaan, baik unsur alami berupa tumbuh-tumbuhan atau vegetasi, badan air, maupun unsur alami lainnya. Menurut ketentuan Undang-Undang Pasal 26 ayat 1 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang menyatakan bahwa, RTH yang ideal paling sedikit 30% dari luas wilayah kota dimana 20% merupakan RTH publik dan 10% RTH privat.

Berdasarkan data dari Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya (BAPPEKO) tahun 2016, luas RTH publik Kota Surabaya yang dikelola oleh DKP (RTH publik) pada tahun 2010 sebesar 6,68025 Ha atau 20,21% dari keseluruhan luas Surabaya terus mengalami peningkatan hingga saat ini. Jumlah tersebut sudah sesuai dengan PERDA 12 Kota Surabaya Tahun 2014 pasal 43 ayat 2 yang menyatakan RTH publik minimal 20% dari keseluruhan luas wilayah Kota Surabaya. Namun, Pemerintah Kota Surabaya belum pernah melakukan penghitungan RTH privat di Kota Surabaya dikarenakan tidak meratanya pengembangan RTH. Perkembangan beberapa kawasan karena kondisi dan potensi yang dimiliki, perlu perencanaan yang spesifik, baik dalam arah dan bentuk penataan RTH. Perkembangan RTH pada setiap kota perlu didukung oleh adanya arahan, kebijakan, dan keinginan untuk dapat diwujudkan (Samsudi, 2010).

### **2.5.1 Macam – macam RTH**

Jenis ruang terbuka hijau terdiri dari RTH publik dan RTH privat (UU No.26, 2007 Tentang Penataan Ruang). Hal yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. RTH Publik, merupakan RTH yang dimiliki dan dikelola oleh pemerintah daerah yang digunakan untuk kepentingan masyarakat secara umum, yaitu: taman kota,

taman pemakaman umum, jalur hijau sepanjang sungai, jalan, dan pantai.

2. RTH Privat, berupa kebun atau halaman rumah/gedung milik masyarakat/swasta yang ditanami tumbuhan.

Jenis RTH berdasarkan bentuk menurut (Permen PU No.5/PRT/M, 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di kawasan Perkotaan), yaitu berupa: taman kota, jalur (tepi) sempadan sungai dan pantai, taman olahraga, bermain, relaksasi, taman pemakaman umum, pertanian kota, taman (hutan) kota atau perhutanan, taman situ, danau, waduk, empang, kebun raya, kebun binatang (nursery), jalur hijau pengaman, dan taman rumah.

RTH di wilayah kota menurut Samudro dan Mangkoedihardjo (2006), adalah penampakan hijau dari vegetasi. RTH dapat berupa taman kota, hutan kota, pemakaman, jalur hijau, perairan berwarna hijau karena vegetasi air berwarna hijau, dll.

Menurut Sumarmi (2012), dalam suatu perkotaan ruang terbuka hijau memiliki beberapa tipe yaitu:

1. Tipe Permukiman

RTH kota di daerah permukiman dapat berupa taman lingkungan, taman di pekarangan dan jalur hijau di permukiman dengan komposisi tanaman pepohonan yang tinggi, perdu, semak dan rerumputan. RTH Kota yang dibangun pada areal permukiman bertujuan utama untuk pengelolaan lingkungan permukiman, maka yang harus dibangun adalah RTH kota dengan tipe permukiman.

2. Tipe Kawasan Industri

Limbah dari industri dapat berupa partikel, aerosol, gas dan cairan yang mengganggu kesehatan manusia.

3. Tipe Rekreasi dan Keindahan

4. Tipe Pelestarian Plasma Nutfah

RTH untuk konservasi memiliki tujuan untuk mencegah kerusakan, perlindungan dan pelestarian terhadap sumber daya alam. Bentuk RTH yang termasuk kriteria ini antara lain: kebun raya, hutan raya dan kebun binatang.

5. Tipe Perlindungan

Daerah dengan kemiringan yang cukup tinggi dengan ditandai dengan tebing-tebing yang curam ataupun daerah

tepi sungai perlu dijaga dengan membangun RTH kota agar terhindar dari bahaya erosi dan longsor.

### **2.5.2 Manfaat RTH**

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan memiliki dua manfaat:

1. Manfaat langsung (dalam pengertian cepat dan bersifat *tangible*), yaitu membentuk keindahan dan kenyamanan (teduh, segar, sejuk).
2. Manfaat tidak langsung (berjangka panjang dan bersifat *intangible*), yaitu pembersih udara yang sangat efektif, pemeliharaan akan kelangsungan persediaan air tanah, pelestarian fungsi lingkungan beserta segala isi flora dan fauna yang ada (konservasi hayati atau keanekaragaman hayati)

Area taman dan hijau khususnya di Kota Surabaya sebesar 75,43 Ha dan memiliki kemampuan serapan taman dan jalur hijau adalah sebesar 40.311,62 ton / tahun dan 15.233,76 ton/tahun untuk kemampuan serapan berdasarkan luas tutupan vegetasi (Adiastari, 2011).

RTH mempunyai manfaat keseimbangan alam terhadap struktur kota. RTH bermanfaat besar bagi keseimbangan, kelangsungan, kesehatan, kenyamanan, kelestarian, dan peningkatan kualitas lingkungan. Berkurangnya proporsi RTH mengakibatkan ketidakseimbangan antara kedua sistem tersebut (Adiastari, 2011; Rahmy, 2012; Suryaningsih *et al.*, 2015).

Selain itu, RTH juga mampu menyerap emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari segala aktivitas yang terjadi di jalanan perkotaan. RTH juga berfungsi secara ekologis, yang menjamin keberlanjutan suatu wilayah kota secara fisik, antara lain sebagai perlindungan sumberdaya alam, penyangga kehidupan manusia, kontrol polusi dan untuk menjaga kualitas hidup masyarakat perkotaan (ECOTON, 2004; Basri, 2009).

### **2.5.3 Mekanisme Penyerapan CO<sub>2</sub> oleh RTH**

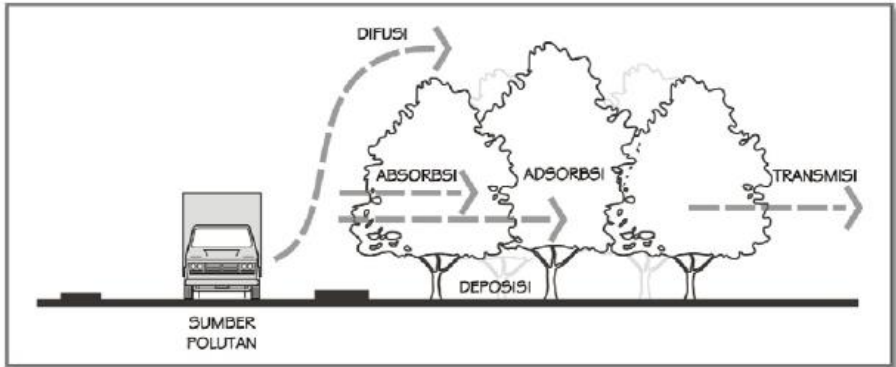
Penurunan konsentrasi CO<sub>2</sub> dengan RTH terjadi melalui mekanisme fotosintesis. Pengikatan CO<sub>2</sub> dari atmosfer terjadi saat

adanya sinar matahari, tumbuhan melakukan fotosintesis untuk mengubah gas CO<sub>2</sub> menjadi karbohidrat dan melepaskan gas oksigen ke atmosfer. Naik turunnya konsentrasi CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> atmosfer secara musiman disebabkan oleh penurunan aktivitas fotosintesis (Afdal, 2007). Pada malam hari, vegetasi juga mengemisikan massa CO<sub>2</sub> ke udara ambien (Salisbury, 1999).

Kemampuan tumbuhan untuk menyerap emisi dipengaruhi oleh kondisi tanaman seperti struktur tanaman dan kepadatan (Shan, 2011). Escobedo dan Nowak (2009) menyatakan, saat tumbuhan menyerap partikel, sebagian besar partikel akan tertahan pada permukaan tumbuhan. Wilayah RTH dengan vegetasi tinggi lebih banyak mereduksi polutan daripada area yang bervegetasi semak. Penelitian yang dilakukan Hastuti dan Sulistyarto (2012) menyimpulkan, RTH berjenis pohon dengan daya serap 569,07 ton/ha/tahun mampu mengurangi emisi CO<sub>2</sub> dari 21.225,6 tonCO<sub>2</sub>/tahun menjadi 18.322,16 tonCO<sub>2</sub>/tahun untuk kawasan SIER dan emisi 17.047,2 tonCO<sub>2</sub>/tahun menjadi 8.074,42 tonCO<sub>2</sub>/tahun untuk kawasan Margomulyo. Berdasarkan data dari Pradiptiyas (2011), total penyerapan CO<sub>2</sub> oleh RTH eksisting di Surabaya Timur mampu menyerap 9,885.48 ton/tahun (0,83%) dari emisi total CO<sub>2</sub> yang dihasilkan area Surabaya Timur yaitu 1.187.392,08 ton/tahun. Kusminingrum (2008) menyatakan, dalam interval satu jam, 1 hektar daun-daun hijau dapat menyerap 8 kg CO<sub>2</sub>.

Menurut Nasrullah (2001) dalam Hanafri (2011), fungsi vegetasi adalah sebagai penyerap polutan. Berikut mekanisme tanaman dalam mereduksi polutan dapat dilihat pada Gambar 2.4, yaitu:

1. Difusi, pemencaran polutan ke atmosfer yang lebih luas. Tajuk pohon tinggi dapat membelokkan angin ke atmosfer yang lebih luas, sehingga konsentrasi polutan menurun.
2. Absorpsi, penyerapan polutan gas melalui stomata polutan gas masuk kedalam jaringan daun.
3. Adsorpsi, penyerapan polutan partikel oleh permukaan daun, batang, ranting yang menyerap partikel debu dan logam yang terkandung di dalam udara.
4. Deposisi, pengkristalan partikel besar oleh daun dan bagian tanaman lainnya

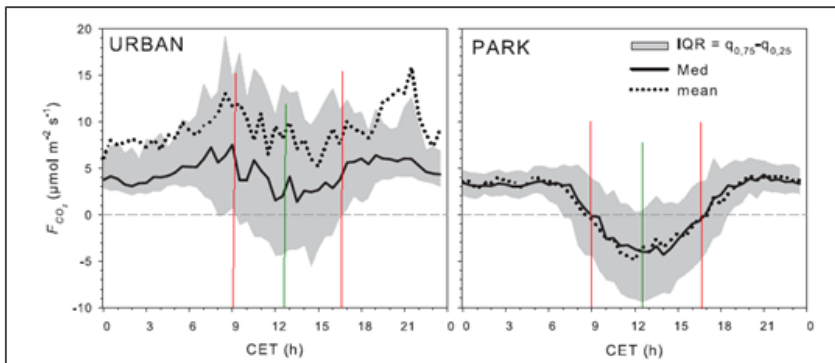


Gambar 2.4 Mekanisme RTH Menyerap Polutan  
Sumber: Hanafri, 2011

Menurut Prasetyawan *et al.* (2017), badan air dapat menyerap  $\text{CO}_2$  dari udara, atau mengeluarkan  $\text{CO}_2$  dari udara. Pada badan air yang banyak *fitoplankton*, dapat menyerap  $\text{CO}_2$ , sebaliknya pada badan air yang telah tercemar atau terjadi proses dekomposisi akan terjadi sebaliknya. Perairan yang bervegetasi dan terdapat fitoplankton mampu sebagai reservoir  $\text{CO}_2$ . Laut secara alamiah menyerap  $\text{CO}_2$  udara ambien. Pada malam hari setelah tengah malam air laut dingin, lebih banyak asam bikarbonat dibentuk,  $\text{CO}_2$  akan terlarut ke air laut (Jacobson, 2005).

Menurut hasil penelitian Kordowski dan Kuttler (2010) di Kota Essen Jerman, saat ada matahari (09.00-16.00), nilai fluk  $\text{CO}_2$  negatif (-), artinya terjadi perpindahan massa  $\text{CO}_2$  dari udara ambien menuju darat di lokasi taman kota. Sebaliknya, saat tidak ada sinar matahari (16.00–09.00), nilai fluk  $\text{CO}_2$  positif (+), artinya terjadi perpindahan massa  $\text{CO}_2$  dari darat ke udara ambien. Selama 24 jam, RTH atau taman kota berlangsung serapan dan pengeluaran  $\text{CO}_2$ , artinya ruang terbuka hijau dapat berfungsi

sebagai reservoir CO<sub>2</sub> udara ambien. Hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Hasil Pengukuran Fluk CO<sub>2</sub> pada Kota dan Taman Kota Essen

Sumber: Kordowski dan Kuttler, 2010

## 2.6 Model Dispersi Polutan (Model Box)

Menurut Astuti (2017), *box model* pada umumnya digunakan untuk memprakirakan rata - rata konsentrasi pencemar di suatu daerah yang diasumsikan sebagai kotak dimana sumber emisi tersebar merata di permukaan bawah kotak. Selanjutnya, polutan dibawa dan didistribusikan dari daerah sumber oleh gerak lateral sesuai dengan arah angin. Model ini menganggap suatu wilayah atau kota sebagai suatu kotak. Di dalam kotak tersebut terjadi aktivitas yang menghasilkan emisi. Model ini memperhitungkan faktor meteorologi berupa arah dan kecepatan angin, serta tinggi pencampuran (*mixing height*).

Dibutuhkan data lebar area dan panjang diukur sesuai panjang dan lebar kota dengan menggunakan titik koordinat (Vyankatesh, 2014). Didapatkan data L dan W suatu kota untuk box. H (tinggi pencampuran) di dapatkan berdasarkan BMKG per wilayah. Dapat juga ditentukan melalui data *atmospheric boundary layer* (Stull, 1998). Menurut Lakitan (1997), catatan waktu

penelitian atau dapat didapatkan melalui kecepatan angin dengan rumus:

$$t = L/u \dots \dots \dots (1)$$

Sehingga berdasarkan data di atas dapat dihitung box model dengan perumusan:

$$c = b + (qL/uH) \dots \dots \dots (2)$$

dengan:

c = Konsentrasi box model (gram/m<sup>3</sup>)

b = Background (konsentrasi awal kota, gram/m<sup>3</sup>)

q = Laju emisi per area (g/s m<sup>2</sup>)

L = Panjang area (m)

U = Kecepatan angin (m/s)

H = Mixing height (m)

Berdasarkan Nevers (1995) dalam bukunya Air Pollution Control Engineering, *Box-Model* mempunyai beberapa keterbatasan, antara lain:

- Asumsi yang kuat sangat dibutuhkan untuk menentukan W, L dan H. Asumsi harus realistis untuk menggantikan suatu area dengan box. Sehingga box model hanya dapat mengukur area saja.
- Emisi yang masuk dalam suatu kawasan beragam dan terdistribusi pada area tersebut. Namun, pada box model diasumsikan terjadi percampuran merata pada box sehingga konsentrasinya dianggap sama atau rata. Pada kenyataannya terdapat variasi q dari setiap sisi di dalam suatu area/kota.
- Asumsi u (kecepatan angin) pada kota konstan sehingga konsentrasi polutan yang di produksi di dalam area box model adalah sama.
- W (lebar area) pada rumus box model tidak digunakan sehingga nilai nya tidak akan mempengaruhi c (konsentrasi box model).
- Model ini tidak memperhitungkan dispersi atmosferik polutan pada arah vertikal maupun horizontal.
- Model ini mengasumsikan bahwa emisi polutan bukan merupakan reaksi kimia selama periode waktu yang digunakan dalam analisis.

Konsep model box yang digunakan pada penelitian ini, nilai reduksi pencemar udara ambien pada suatu area dapat dicari menggunakan teori model box dengan menyerupakan suatu area wilayah sebagai box. Model box ini akan berfungsi sebagai unit analisis yang bergantung pada arah dan kecepatan angin (Muzayanah, 2016). Menurut Nevers (2000), dasar asumsi penentuan W, L, H pada box model penelitian ini sangat penting untuk analisis massa dengan model *box*. Dapat dihitung dengan cara:

1. Model *box* menerapkan hukum kekekalan massa, dimana massa di dalam box tetap dan tidak terpengaruh aktivitas di dalam box. Hukum kekekalan massa dalam box ( $\Delta m$ ) adalah:

$$\Delta m = m_{in} - m_{out} + m_{emisi} - m_{reduksi} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

- $\Delta m$  = Perubahan massa didalam *box* untuk periode  $\Delta t$
- $m_{in}$  = Massa masuk *box* dalam waktu  $\Delta t$
- $m_{out}$  = Massa keluar *box* dalam waktu  $\Delta t$
- $m_{emisi}$  = Emisi massa didalam *box* dalam waktu  $\Delta t$
- $m_{reduksi}$  = Reduksi massa atau konsentrasi didalam *box* dalam waktu  $\Delta t$

2. Udara dalam *box* teraduk sempurna, yang akan mengakibatkan konsentrasi (massa per volume) dalam *box* model merata karena emisi, serapan, inflow, dan outflow terjadi merata sehingga konsentrasi di dalam *box* setara. Konsentrasi box terwakili pada pusat *box*.
3. Kecepatan angin merata tegak lurus pada dinding *box*.
4. Dimensi ( $L_x$ ,  $L_y$ ,  $L_z$ ) tergantung pada arah angin ( $\alpha$ ), kecepatan angin, ( $v$ ) dan waktu perubahan ( $\Delta t$ ).
5. Ukuran *box* yang mewakili area pengukuran konsentrasi ditentukan oleh rata-rata kecepatan angin ( $V_r$ ) dan perubahan konsentrasi dalam satu waktu ( $\Delta t$ ). Sementara arah *box* ditentukan berdasarkan arah angin dominan. Luas unit analisis setiap waktu akan berubah, dimana luas unit akan ditentukan oleh kecepatan angin rata-rata dan arah unit analisis ditentukan oleh arah angin. Titik pusat unit analisis adalah titik lokasi sampling yang telah ditentukan koordinatnya (Santoso dan Otok, 2014).



Ilustrasi model box dapat dilihat pada Gambar 2.6.



$V_r$  = Kecepatan Angin Rata – Rata (m/s)

$L$  = Panjang Box (m)

Gambar 2.6 Ilustrasi Model Box  
Sumber: Santoso dan Otok, 2014

## 2.7 Penetapan Nilai Komulatif Konsentrasi $\text{CO}_2$ (Net\_ $\text{CO}_2$ -Con)

### 2.7.1 Konsentrasi $\text{CO}_2$

Konsentrasi  $\text{CO}_2$  di udara ambien dengan satuan ppmV merupakan perbandingan antara volume  $\text{CO}_2$  dengan volume udara ambien sesaat. Jika diinginkan satuan yang berbeda

misalnya menjadi mg/liter harus dilakukan suatu konversi. Konsentrasi CO<sub>2</sub> di udara ambien tiap saat bersifat fluktuatif, karena resultan dari proses kompleks. Persamaan dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$C = f(t) \text{ atau } m/\Delta V = f(t) \dots\dots\dots(4)$$

### 2.7.2 Laju Konsentrasi CO<sub>2</sub>

Laju konsentrasi untuk satu selang waktu (K) adalah perbedaan konsentrasi yang terjadi pada deret waktu tertentu. Nilai K sesaat diperoleh dari deferensial persamaan fungsi waktu (persamaan 1), konsentrasi terhadap waktu, dengan persamaan:

$$K = \Delta C / \Delta t = Dc/DT \dots\dots\dots(5)$$

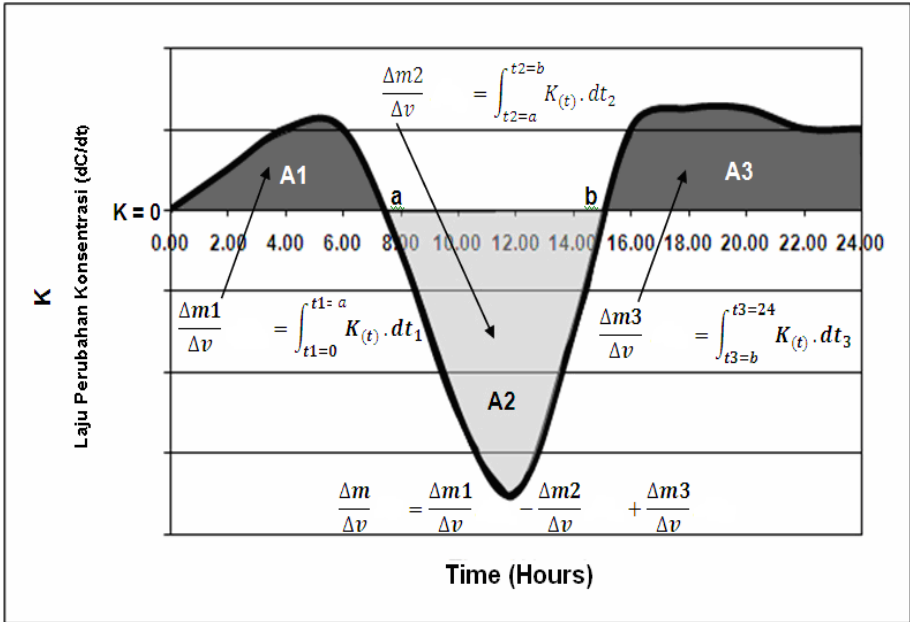
Jika K bernilai positif, artinya terjadi peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> udara ambien. Nilai K bertanda negatif, artinya terjadi penurunan konsentrasi CO<sub>2</sub>.

### 2.7.3 Nilai Kumulatif Konsentrasi CO<sub>2</sub> (Net\_ CO<sub>2</sub>-Con)

Menurut Santoso dan Mangkoedihardjo (2012), nilai kumulatif konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam satu rentang waktu ( $\Delta t$ ), didapatkan dari integrasi terhadap waktu (t) dari persamaan laju perubahan konsentrasi CO<sub>2</sub> (persamaan 6) dengan persamaan:

$$\text{Net\_CO}_2\text{-Con} = \pm \int K . dt \dots\dots\dots(6)$$

Nilai kumulatif massa tiap volume udara ambien ( $\Delta m/\Delta v$ ) atau kumulatif konsentrasi setara dengan luasan antara curva  $K=f(t)$  dengan garis  $K = 0$ . Digunakan metode numerik (Chapra, 2002) untuk menghitung luas antara kurva  $K=f(t)$  dengan garis  $K=0$ . Penjelasan tentang persamaan 5 dan 6 untuk rentang waktu satu hari dengan skala jam dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Kurva Laju Konsentrasi CO<sub>2</sub> (K) dan Nilai Kumulatif Konsentrasi CO<sub>2</sub> Udara Ambien (Net\_ CO<sub>2</sub>Con) yang Direpresentasikan dengan Luasan Kurva

Sumber: Santoso dan Mangkoedihardjo, 2012

Dari Gambar 2.7 menunjukkan bahwa, nilai kumulatif konsentrasi untuk periode 24 jam dengan simbol Net\_ CO<sub>2</sub>-Con bertanda negatif, apabila luasan antara kurva K = f(t) dengan garis K = 0 yang berada di bawah garis K = 0 lebih besar dibanding luas kurva yang di atas garis K = 0, serapan CO<sub>2</sub> > emisi CO<sub>2</sub> untuk periode 24 jam. Jika nilai kumulatif konsentrasi CO<sub>2</sub> bertanda positif, dan luas antara kurva K = f(t) dengan garis K = 0 yang berada di atas garis K = 0 lebih besar dibanding luas kurva di bawah garis K = 0, artinya serapan CO<sub>2</sub> < emisi CO<sub>2</sub> untuk periode 24 jam. Pada kurva tersebut, puncak dari nilai K negatif adalah pukul 12.00. Nilai K bertanda negatif pada pukul 07.00-15.00 sedangkan nilai K bertanda positif pada pukul 00.00-07.00 dan 15.00-24.00.

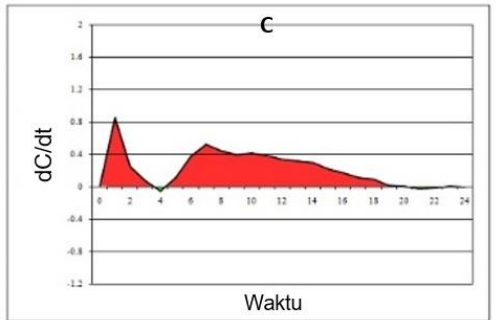
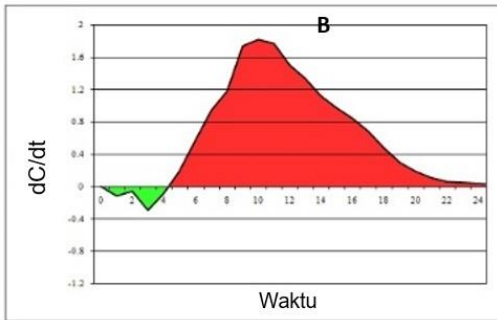
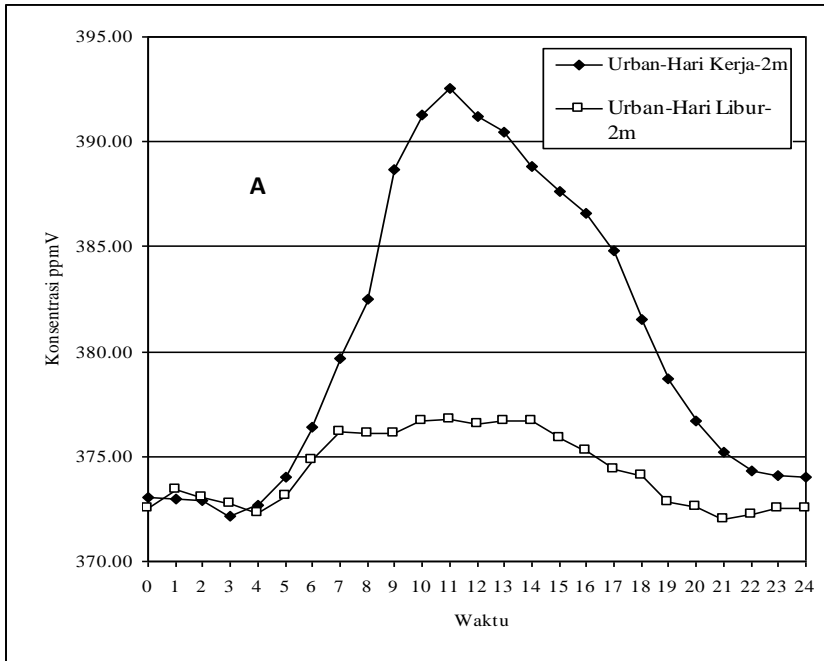
## **2.8 Uji Statistik**

Dalam statistika terdapat beberapa cara pengujian data, salah satunya adalah korelasi dan regresi. Korelasi adalah studi yang membahas tentang hubungan antara dua variabel atau lebih. Besarnya tingkat keeratan hubungan antara dua variabel atau dapat diketahui dengan mencari besarnya angka korelasi yang biasa disebut dengan koefisien korelasi. Sementara uji regresi atau uji-t digunakan untuk menguji berarti atau tidaknya hubungan variabel - variabel bebas (X) dengan variabel terikat (Y) (Telussa, 2013).

## **2.9 Penelitian Terdahulu**

### **2.9.1 Uji Penetapan Net\_ CO<sub>2</sub>-Con Saat Hari Kerja dan Hari Libur di Urban Area**

Menurut penelitian Santoso dan Mangkoedihardjo (2015), seri waktu konsentrasi CO<sub>2</sub> di area urban saat hari kerja dan hari libur pada ketinggian 2 m disajikan pada Gambar 2.8. Data seri waktu konsentrasi CO<sub>2</sub> untuk periode 24 jam dianalisis dengan metode kumulatif, kurva laju konsentrasi CO<sub>2</sub> dan kumulatif konsentrasi CO<sub>2</sub> untuk periode 24 jam dapat dilihat pada Gambar 2.8 di area urban saat hari kerja (B) dan di area urban saat hari libur (C).



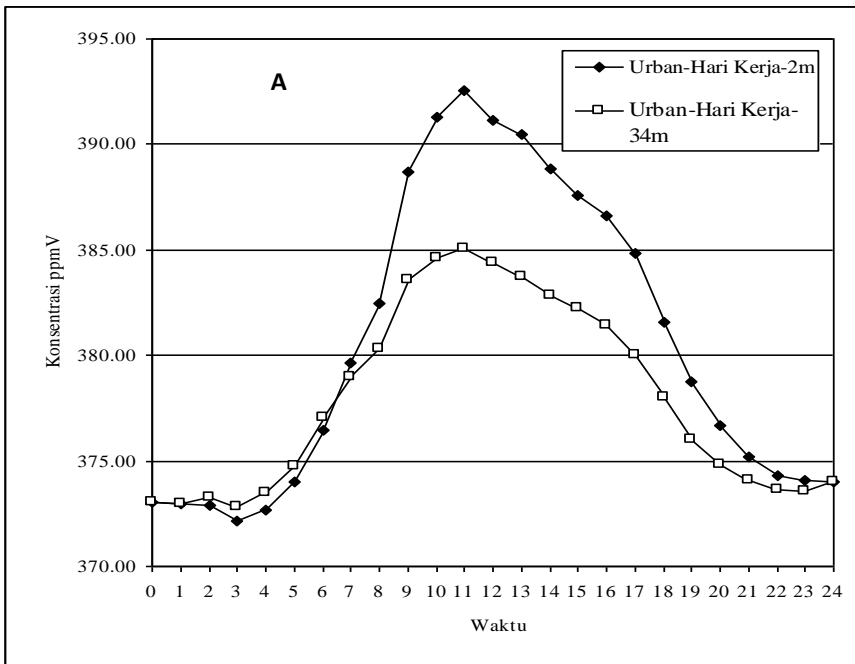
Gambar 2.8 (A) Konsentrasi CO<sub>2</sub> di Area Urban Saat Hari Kerja dan Hari Libur di Ketinggian 2 m. (B) Kurva Laju Konsentrasi dan Kumulatif Konsentrasi CO<sub>2</sub> untuk Periode 24 Jam Saat Hari Kerja. (C) Kurva Laju Konsentrasi CO<sub>2</sub> dan Kumulatif Konsentrasi CO<sub>2</sub> untuk Periode 24 Jam Saat Hari Libur

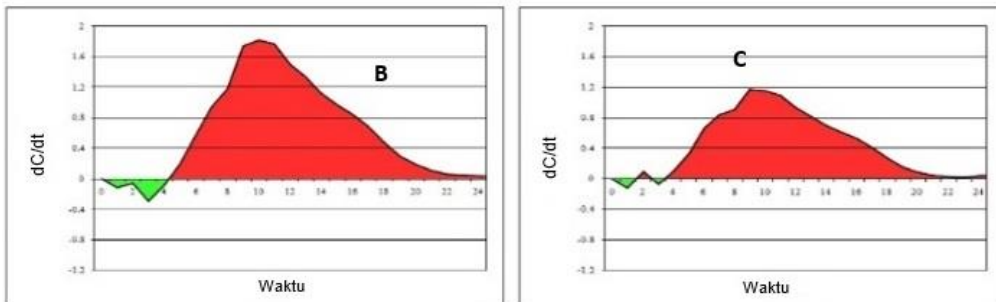
Sumber: Buns dan Kulter, 2012

Dari Gambar 2.8 (B) dan (C) dapat dilihat bahwa kumulatif konsentrasi CO<sub>2</sub> di area urban saat hari kerja bernilai positif (+)15,28 ppm (serapan < emisi), sedangkan di area urban saat hari libur juga bernilai positif (+) 5,27 (serapan < emisi). Yang artinya konsentrasi CO<sub>2</sub> pada hari kerja lebih besar dari pada hari libur. Pada hari kerja aktivitas perkotaan terutama transportasi meningkat (Contini *et al.*, 2012), sehingga nilai Net\_ CO<sub>2</sub>-Con positif atau massa CO<sub>2</sub> udara ambien akan bertambah.

### 2.9.2 Uji Penetapan Net\_ CO<sub>2</sub>-Con Ketinggian 2 Meter dan 34 Meter Saat Hari Kerja di Area Urban

Buns dan Kulter (2012), konsentrasi karbon dioksida yang didasarkan pengukuran ketinggian pada 2 m dan 34 m di atas tanah selama 24 jam. Hasil kurva laju konsentrasi CO<sub>2</sub> dan kumulatif konsentrasi CO<sub>2</sub> untuk periode 24 jam di area urban saat hari kerja dapat dilihat pada Gambar 2.9.





Gambar 2.9 (A) Konsentrasi CO<sub>2</sub> di Area Urban pada Hari Kerja pada Ketinggian 2m dan 34 m. (B) Kurva Laju Konsentrasi CO<sub>2</sub> dan Kumulatif Konsentrasi untuk Periode 24 Jam Saat Hari Kerja pada Ketinggian 2 m. (C) Kurva laju konsentrasi CO<sub>2</sub> dan Kumulatif Konsentrasi untuk Periode 24 Jam Saat Hari Kerja pada Ketinggian 34 m

Sumber: Buns dan Kulter, 2012

Dapat disimpulkan bahwa kumulatif konsentrasi CO<sub>2</sub> di area urban Ketinggian 2 m bernilai (+) 15,28 ppm (serapan < emisi) sedangkan pada ketinggian 34 m juga positif (+) 10,80 ppm (serapan < emisi). Nilai kumulatif pada ketinggian 34 m lebih rendah dari pada 2 m termasuk zona sub layer, kecepatan angin lebih besar dari 2 m, sehingga dimensi box 34 m lebih besar dari 2 m sehingga konsentrasi CO<sub>2</sub> pada ketinggian 2 m lebih tinggi dari 34 m. Semakin tinggi CO<sub>2</sub> maka semakin tinggi nilai Net\_ CO<sub>2</sub>-Con (Santoso dan Mangkoedihardjo, 2015).

### 2.9.3 Uji Penetapan Net\_ CO<sub>2</sub>-Con untuk Berbagai Tutupan Lahan

Menurut penelitian Omar (2010), penelitian dilakukan pada 08.00 – 17.00 pada berbagai tutupan lahan. Pada lahan tanpa vegetasi memiliki nilai kumulatif CO<sub>2</sub> Net\_ CO<sub>2</sub>-Con adalah 254 ppm artinya terjadi emisi di lahan tersebut. Lahan tanpa vegetasi ini akan mengemisikan CO<sub>2</sub> saat ada sinar matahari. Kondisi ini terjadi karena tanah tanpa vegetasi akan mengeluarkan CO<sub>2</sub> karena proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme.

Pada lahan dengan tumbuhan satu layer dengan jarak antar tumbuhan jarang, memiliki nilai kumulatif sebesar 80 ppm yang artinya juga terjadi emisi, karena pada lahan tersebut proses dekomposisi lebih dominan dari pada serapan CO<sub>2</sub> oleh tumbuhan.

Pada lahan dengan tumbuhan satu layer, memiliki nilai kumulatif Net\_ CO<sub>2</sub>-Con sebesar -176 ppm, yang artinya terjadi serapan CO<sub>2</sub>. Lahan dengan satu layer tumbuhan dan jarak yang rapat akan menyerap CO<sub>2</sub> selama periode ada sinar matahari dengan indikator nilai kumulatif bernilai negatif (-). Menurut Stockmann *et al.* (2013), tumbuhan rumput mampu menyerap CO<sub>2</sub> lebih banyak daripada hasil dekomposisi.

Pada lahan dengan tumbuhan multi layer (rumput dan tumbuhan), memiliki nilai kumulatif CO<sub>2</sub> sebesar -256 ppm yang artinya juga terjadi serapan. Menurut Stockmann *et al.* (2013), tumbuhan mampu menyerap CO<sub>2</sub> lebih banyak dari proses dekomposisi. Lahan dengan tumbuhan multi layer lebih besar menyerap CO<sub>2</sub> dibandingkan single layer.

#### **2.9.4 Model Penetapan Ruang Terbuka Hijau**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh ketersediaan RTH terhadap kualitas lingkungan pada kawasan perumahan menengah atas di Kota Malang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada pengaruh positif antara luas ruang terbuka (X1) terhadap kualitas lingkungan (Y), ada pengaruh negatif antara sebaran ruang terbuka hijau (X2) dan jenis vegetasi (X3) terhadap kualitas lingkungan (Y). Pengaruh X1, X2, dan X3 terhadap tingkat kebisingan (Y1) terlihat pada persamaan  $Y1 = 55,361 + 0,007 X1 - 37,816 X2 - 1,731 X3$ , sedangkan pengaruh X1, X2, dan X3 terhadap kadar CO (Y2) terlihat pada persamaan  $Y2 = 5,687 + 0,003 X1 - 0,361 X2 - 0,635 X3$  (Syamdermawan *et al.*, 2012).

Fokus utama penelitian ini adalah untuk mengkaji reduksi CO<sub>2</sub> udara ambien oleh vegetasi di RTH di kawasan industri petrokimia. Manfaat dari model yang dihasilkan adalah sebagai penataan ruang kawasan industri petrokimia mendatang, terutama untuk penetapan RTH di kawasan industri petrokimia. Model RTH untuk reduksi CO<sub>2</sub> udara ambien di kawasan industri petrokimia adalah  $P = -0,113 - \text{NetCO}_2 + 0,0576 \text{Lnrth} + 0,0686 \text{Lp} - 0,683 \text{Cmax} + 1,592 \text{Cave}$  (Aisyah dan Santoso, 2019).



## **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1 Umum**

Penelitian ini membahas mengenai studi reduksi CO<sub>2</sub> udara ambien oleh RTH pada kawasan permukiman di Kecamatan Gunung Anyar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh proporsi unsur ruang terhadap nilai kumulatif karbon dioksida (Net\_CO<sub>2</sub>-Con) sebagai indikator reduksi CO<sub>2</sub> oleh RTH dan dapat dihasilkan model persamaan penetapan RTH sebagai dasar penempatan kecukupan RTH pada kawasan permukiman di Kecamatan Gunung Anyar. Area yang digunakan pada penelitian ini yaitu kawasan permukiman di Kecamatan Gunung Anyar. Variabel yang digunakan yaitu konsentrasi CO<sub>2</sub>, proporsi fraksi RTH, dan proporsi unsur ruang non RTH. Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data primer untuk mendapatkan konsentrasi CO<sub>2</sub> udara ambien. Lalu dilakukan pengolahan data yang bertujuan untuk menentukan nilai reduksi (Net\_CO<sub>2</sub>-Con) oleh ruang terbuka hijau (RTH) selama 12 jam. Kemampuan RTH dalam mereduksi gas CO<sub>2</sub> ditentukan berdasarkan hasil nilai kumulatif konsentrasi CO<sub>2</sub> (Net\_CO<sub>2</sub>-Con) yang didapat dari analisa numerik data seri waktu konsentrasi selama 12 jam. Nilai Net\_CO<sub>2</sub>-Con bertanda negatif bila reduksi > emisi, sebaliknya bertanda positif bila emisi > reduksi sehingga dapat dihasilkan model RTH untuk mereduksi CO<sub>2</sub> udara ambien melalui uji korelasi, uji regresi, dan uji kalibrasi untuk menguji keakuratan persamaan atau model sehingga model tersebut dapat diaplikasikan pada kondisi tertentu.

### **3.2 Kerangka Penelitian**

Metode penelitian disusun dalam bentuk kerangka penelitian. Kerangka penelitian disusun secara jelas dan sistematis yang berfungsi sebagai acuan dan petunjuk pelaksanaan penelitian agar mempermudah penulis. Adapun kerangka penelitian secara keseluruhan dari tugas akhir ini digambarkan pada Gambar 3.1.

**Latar Belakang :**

1. Peningkatan penduduk Kota Surabaya menyebabkan kebutuhan lahan meningkat sehingga intensitas penggunaan lahan tinggi
2. Sebagian besar Kecamatan Gunung Anyar dialihfungsikan menjadi kawasan permukiman
3. Peningkatan kawasan permukiman menyebabkan gas CO<sub>2</sub> meningkat
4. CO<sub>2</sub> menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan
5. Kemampuan ruang terbuka hijau dalam mereduksi CO<sub>2</sub> udara ambien
6. Pengaruh proporsi unsur ruang (RTH dan non RTH) dalam mereduksi CO<sub>2</sub>

**Ide Penelitian :**

Studi Reduksi CO<sub>2</sub> Udara Ambien oleh Ruang Terbuka Hijau pada Kawasan Permukiman di Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya

**Rumusan Masalah :**

1. Bagaimana pengaruh proporsi unsur ruang (RTH dan non RTH) terhadap nilai kumulatif karbon dioksida (Net\_CO<sub>2</sub>-Con) sebagai indikator reduksi CO<sub>2</sub> udara ambien oleh ruang terbuka hijau pada kawasan permukiman di Kecamatan Gunung Anyar?
2. Bagaimana model penetapan ruang terbuka hijau berdasarkan proporsi unsur ruang (RTH dan non RTH) pada kawasan permukiman di Kecamatan Gunung Anyar?

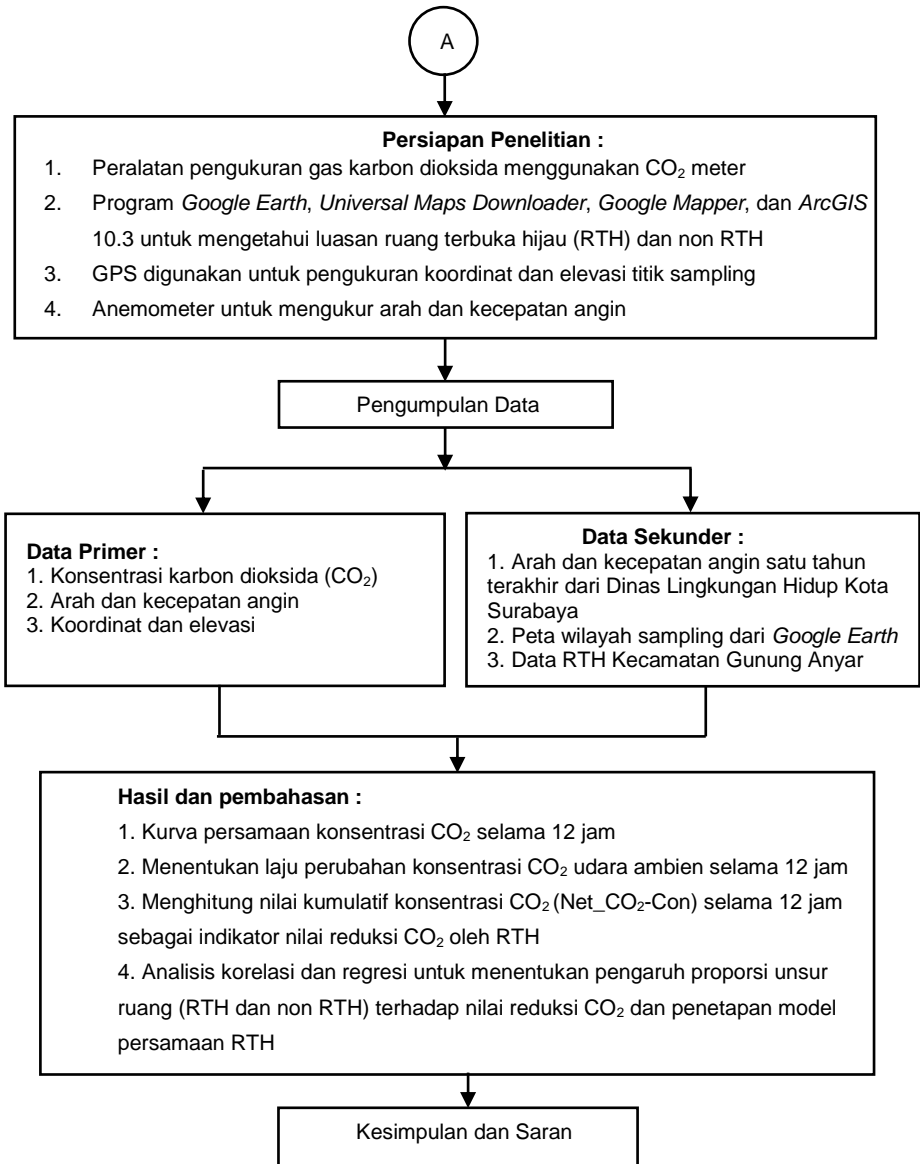
**Tujuan Penelitian :**

1. Menentukan pengaruh proporsi unsur ruang (RTH dan non RTH) terhadap nilai kumulatif karbon dioksida (Net\_CO<sub>2</sub>-Con) sebagai indikator reduksi CO<sub>2</sub> udara ambien oleh RTH pada kawasan permukiman di Kecamatan Gunung Anyar.
2. Menghasilkan model penetapan ruang terbuka hijau (RTH) untuk mereduksi CO<sub>2</sub> udara ambien berdasarkan proporsi unsur ruang (RTH dan non RTH) pada kawasan permukiman di Kecamatan Gunung Anyar.

**Studi Literatur :**

1. Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)
2. Emisi CO<sub>2</sub> dari Sektor Permukiman
3. Pemanasan Global
4. Faktor Meteorologi yang mempengaruhi Persebaran CO<sub>2</sub>
5. Ruang Terbuka Hijau
6. Model Box
7. Nilai Kumulatif Konsentrasi Karbon Dioksida (Net\_CO<sub>2</sub>-Con)
8. Uji Statistik
9. Penelitian Terdahulu

A



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

### **3.3 Metode Penelitian**

Berikut ini adalah penjelasan dari kerangka penelitian di atas. Metode penelitian ini akan menjadi pedoman pelaksanaan penelitian tugas akhir ini.

#### **3.3.1 Ide Penelitian**

Perkembangan suatu kawasan yang diiringi dengan peningkatan jumlah penduduk menyebabkan berkurangnya keberadaan kawasan hijau, menjadi salah satu permasalahan dasar dilakukannya penelitian ini. Sektor penduduk menjadi salah satu sumber penghasil karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Hal ini dikhawatirkan akan berdampak pada buruknya kualitas hidup manusia maupun lingkungan. Salah satu upaya yang bisa dilakukan adalah mereduksi sumber pencemar CO<sub>2</sub> dengan pengadaan RTH. Berdasarkan permasalahan tersebut akan dilakukan penelitian untuk menganalisis pengaruh proporsi unsur ruang (RTH dan non RTH) terhadap reduksi CO<sub>2</sub> udara ambien oleh RTH melalui nilai kumulatif CO<sub>2</sub> (Net\_CO<sub>2</sub>-Con) pada pukul 06.00 – 18.00 WIB pada hari kerja dan hari libur (Senin – Minggu) di kawasan permukiman Kecamatan Gunung Anyar. Perbedaan tingkat kebutuhan RTH pada wilayah satu dengan lainnya, menyebabkan diperlukannya studi untuk menentukan model sistematis penetapan RTH yang ideal untuk mereduksi CO<sub>2</sub> udara ambien, hal tersebut yang mendasari ide penelitian ini.

#### **3.3.2 Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan teori pendukung yang kuat sehingga dapat menjadi acuan dalam melaksanakan kegiatan penelitian. Sumber literatur yang digunakan adalah berupa *text book*, modul, jurnal atau artikel ilmiah, laporan penelitian, tugas akhir, dan tesis terdahulu yang berhubungan dengan penelitian ini. Hal-hal yang akan dipelajari dalam studi literatur yaitu:

1. Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)
2. Emisi CO<sub>2</sub> dari sektor permukiman
3. Pemanasan global
4. Faktor meteorologi yang mempengaruhi persebaran CO<sub>2</sub>

5. Ruang terbuka hijau
6. Model box
7. Nilai kumulatif konsentrasi karbon dioksida (Net\_CO<sub>2</sub>-Con)
8. Uji Statistik
9. Penelitian terdahulu

### 3.3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan *software* yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. CO<sub>2</sub> meter

CO<sub>2</sub> meter yang digunakan merupakan perangkat tipe Lutron GC-2028 yang dapat melakukan pengukuran CO<sub>2</sub> secara kontinyu. Alat ini dilengkapi *infrared detector*. Satuan yang digunakan dalam pengukuran konsentrasi CO<sub>2</sub> adalah ppm. Alat ini juga digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban.



Gambar 3.2 CO<sub>2</sub> Analyzer Tipe Lutron GC- 2028

2. Anemometer

Anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan dan arah angin.



Gambar 3.3 Anemometer

3. *GPS (Global Positioning System)*  
GPS ini merupakan alat yang berfungsi untuk mengetahui koordinat dan elevasi dilapangan.



Gambar 3.4 GPS Garmin

4. *Citra Google Earth, Universal Maps Downloader, dan Global Mapper*  
*Citra Google Earth* berfungsi untuk mendapatkan data citra mentah yang belum terektifikasi, sehingga dapat diketahui fungsi penggunaan lahan (RTH dan non RTH), *Universal Maps Downloader* digunakan untuk menyimpan peta suatu daerah yang diinginkan secara otomatis. *Global Mapper* digunakan untuk rektifikasi peta yaitu merupakan sebuah proses koreksi geometrik agar citra sesuai dengan sistem koordinat sebenarnya melalui Ground Control Point (GCP) yang dikhawatirkan eror akibat pengaruh kelengkungan bumi atau sensor perbedaan satelit (Anshari, 2017).
5. *Software Arc view GIS 10.3*  
*Software Arc view* untuk mengklasifikasikan unsur ruang pada *model box* yang dilakukan dengan cara delineasi unsur area pada *box*. Menurut Baja (2012), delineasi adalah suatu proses penggambaran ruang untuk membatasi zona wilayah atau kawasan sekitarnya. Pada penelitian ini unsur ruang yang diklasifikasikan meliputi RTH, luasan permukiman, jalan, lahan/tanah kosong, dan badan air sehingga dapat diketahui luasan masing – masing unsur ruang

yang akan dikonversi menjadi satuan persen untuk melihat seberapa besar proporsi unsur ruang tersebut.

### 3.3.4 Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini meliputi:

- a. Konsentrasi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)  
Data konsentrasi CO<sub>2</sub> diperoleh dari pengukuran langsung pada lokasi sampling selama 12 jam (06.00-18.00 WIB) pada hari kerja dengan 5 kali pengulangan dan hari libur dengan 2 kali pengulangan (Senin-Minggu). Pengukuran dilakukan dalam selang waktu 1 jam dengan durasi selama 1 menit ( $\Delta t = 1$  menit) dalam tiap jam pengukuran. Menurut Rigby (2007), selang waktu perubahan yang mungkin dan nyata adalah menit untuk pengukuran konsentrasi CO<sub>2</sub> dengan metode *infrared* dan dilakukan langsung di udara ambien. Konsentrasi CO<sub>2</sub> adalah rata – rata dari scanning tiap 6 detik sehingga ada 10 kali pengukuran selama 1 menit. Peneliti lain dan NOAA juga melakukan pengukuran menggunakan *infrared detector*. Menurut Moeng (2016), penelitian ini termasuk skala mikro meteorologi merupakan fenomena cuaca yang terjadi pada area kecil kurang dari 1 km dengan waktu terjadi hanya beberapa menit. Contohnya adalah pergerakan angin yang terjadi karena hambatan dari bangunan.
- b. Proporsi fraksi RTH  
RTH adalah suatu lahan atau kawasan yang ditetapkan sebagai ruang terbuka untuk tempat tumbuhnya tanaman atau vegetasi yang berfungsi sebagai pengatur iklim mikro, daerah resapan air dan estetika kota (Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2014). Pada penelitian ini RTH yang dipilih adalah RTH publik maupun privat yang berupa taman kota, taman lingkungan perumahan dan pemukiman, jalur hijau jalan, taman makam dan lapangan (Permen PU No.5/PRT/M, 2008). Fraksi RTH yang digunakan yaitu adalah proporsi luas rumput, proporsi luas perdu dan proporsi luas pohon. Area dengan vegetasi tinggi atau pohon lebih banyak mereduksi polutan daripada area yang bervegetasi semak (Muzayanah, 2016). Namun, tumbuhan rumput juga mampu menyerap

CO<sub>2</sub> meskipun kemampuannya lebih sedikit dibandingkan dengan pohon (Stockmann *et al.*, 2013). Hal tersebut yang mendasari semak juga diperhitungkan dalam penelitian ini. Proporsi RTH yang dipilih adalah kawasan yang memiliki fraksi *single layer*, *double layer*, dan *multi layer* dengan presentase RTH 0 (tidak memiliki RTH) hingga *full* RTH. Data luasan RTH ini didapatkan secara langsung dari citra google earth yang telah di rektifikasi dan telah dilakukan deliniasi *box* dalam satuan luas kemudian dikonversi menjadi presentase, sehingga dapat diketahui proporsi pada masing – masing titik sampling.

- c. Proporsi unsur non RTH  
Presentase unsur ruang non RTH yang diklasifikasikan dalam penelitian ini meliputi unsur luasan permukiman, jalan, lahan/tanah kosong, dan badan air. Hasil klasifikasi ini awalnya memiliki satuan luas yang selanjutnya dikonversi menjadi satuan persen sehingga dapat diketahui proporsi masing – masing unsur ruang pada box.

### 3.3.5 Pengumpulan Data

Pada penelitian ini dilakukan pengumpulan data primer dan data sekunder, antara lain:

1. Pengumpulan Data Primer  
Data primer dalam penelitian ini adalah konsentrasi CO<sub>2</sub>, arah dan kecepatan angin serta koordinat dan elevasi hasil pengukuran di lapangan.
2. Pengumpulan Data Sekunder  
Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini yaitu:
  - a) Arah dan kecepatan angin satu tahun terakhir dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya.
  - b) Peta wilayah sampling dari aplikasi *Google Earth*.
  - c) Data RTH Kecamatan Gunung Anyar dari Dinas Kebersihan dan Ruang Terbuka Hijau (DKRTH) Kota Surabaya.

### 3.3.6 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Kecamatan Gunung Anyar Kota Surabaya. Ketersediaan RTH di suatu kawasan dapat ditentukan



berdasarkan jumlah populasi (Dawyer, 1999). Pendekatan dilakukan pada luasan kawasan Kecamatan Gunung Anyar sebagai populasi. Populasi diasumsikan homogen karena belum diketahui nilai kumulatif dari tiap area terwakili. Sesuai penelitian Santoso dan Otok (2014), perhitungan populasi didapatkan melalui persamaan:

$$N = A/A_i \dots \dots \dots (7)$$

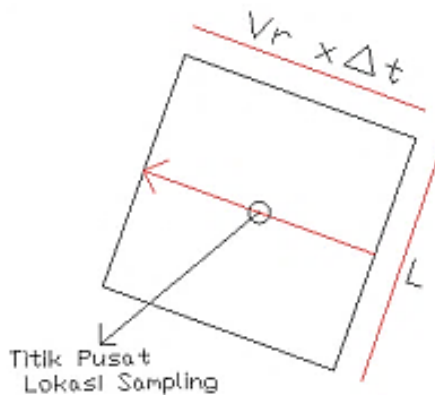
dimana,

N = jumlah populasi box

A<sub>i</sub> = luas ruang yang mewakili pengukuran konsentrasi (m<sup>2</sup>)

A = luas kawasan Kecamatan Gunung Anyar (m<sup>2</sup>)

*Box model* digunakan dalam penelitian ini sebagai dasar penentuan luas ruang unit analisis. Ukuran pada kotak tersebut mewakili aktivitas penyerapan CO<sub>2</sub> dan emisi yang akan diteliti pada unit analisis. Ukuran *box* ditentukan berdasarkan rata-rata kecepatan angin (*V<sub>r</sub>*) dan perubahan konsentrasi dalam satu waktu ( $\Delta t$ ). Arah *box* ditentukan berdasarkan arah angin dominan. Titik pusat unit analisis adalah titik lokasi sampling yang telah ditentukan koordinatnya. Gambar 3.5 menunjukkan ilustrasi penentuan unit analisis.



Gambar 3.5 Penentuan Unit Analisis  
Sumber: Muzayanah, 2016

Ukuran *box* dari kecepatan angin dan selang waktu ( $\Delta t$ ) menurut Santoso dan Otok (2014) menggunakan persamaan:

$$V_r = V_{t1} + V_{t2} + V_{t3} + \dots + V_t \dots \dots \dots (8)$$

$$L = Vr \times \Delta t \dots\dots\dots(9)$$

$$Ai = L^2 \dots\dots\dots(10)$$

dimana,

L = panjang unit analisis (panjang box) (m)

Ai = luas unit analisis (m<sup>2</sup>)

Vr = kecepatan angin rata-rata (m/s)

Δt = waktu pengambilan sampel (1 menit = 60 detik)

Luasan area permukiman yaitu sebesar 5,56 km<sup>2</sup>. Data pengukuran kecepatan angin rata-rata pada bulan Maret sebesar 0,61 m/s dan arah angin dominan 199,80° atau dari barat (Data DLH Kota Surabaya Stasiun Wonorejo, 2018). Waktu pengukuran yaitu selama 1 menit. Peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 3.6 sehingga dapat dilakukan perhitungan lokasi sampling sebagai berikut:

$$N = A/Ai = A/L^2 = A/(Vr \times \Delta t)^2$$

$$N = \frac{5,56 \text{ km}^2}{(0,61 \text{ m/s} \times 60\text{s})^2} = \frac{5560000 \text{ m}^2}{(0,61 \text{ m/s} \times 60\text{s})^2} = 4150,6$$

$$N = 4151 \text{ populasi}$$

Teknik pengambilan sampel dibagi menjadi dua yaitu, *non-probability sampling dan probability sampling* (Nasution, 2003). Penentuan sampel dalam penelitian ini menggunakan *probability sampling* dengan teknik sampling acak sederhana. Menurut Santoso dan Otok (2014), teknik sampling acak sederhana dapat digunakan untuk generalisasi, sehingga sesuai diterapkan untuk mempelajari evaluasi ketersediaan RTH dengan indikator konsentrasi kumulatif CO<sub>2</sub> (Net\_CO<sub>2</sub>-Con). Teknik pengambilan sampel dengan teknik SAS ini dapat dihitung melalui persamaan:

$$n = \frac{(Z\alpha/2)^2 p(1-p)N}{d^2(N-1) + (Z\alpha/2)^2 p(1-p)} \dots\dots\dots(11)$$

dimana,

n = jumlah sampel box

p = tingkat signifikansi (derajat kepercayaan)

N = jumlah populasi box

d = tingkat kesalahan ukuran sampel

Zα/2 = nilai distribusi normal standar

Dengan tingkat signifikansi (p) sebesar 90%, tingkat kesalahan ukuran sampel (d) 0,1 dan nilai distribusi normal standar (Zα/2) 1,645 maka didapatkan ukuran sampel sebagai berikut:

$$n = \frac{(Z\alpha/2)^2 p(1-p)N}{d^2(N-1) + (Z\alpha/2)^2 p(1-p)}$$

$$n = \frac{(1,645)^2 \cdot 0,9 \cdot (1-0,9) \cdot 4151}{0,1^2(4151-1) + (1,645)^2 \cdot 0,9 \cdot (1-0,9)}$$

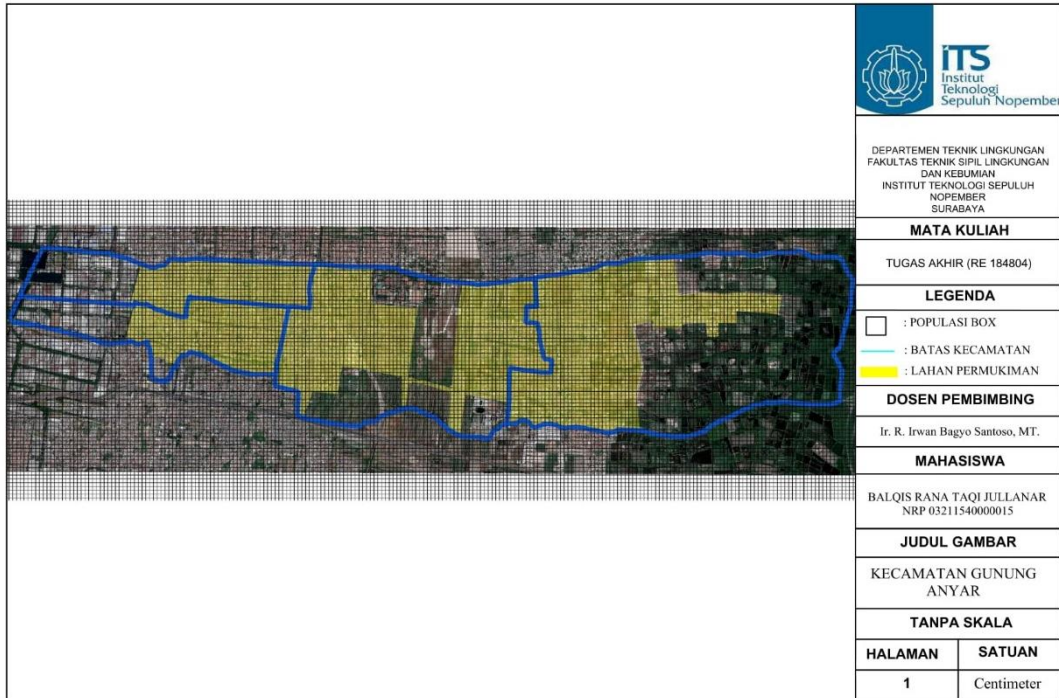
$$n = 24,218$$

$$= 24 \text{ lokasi sampling}$$

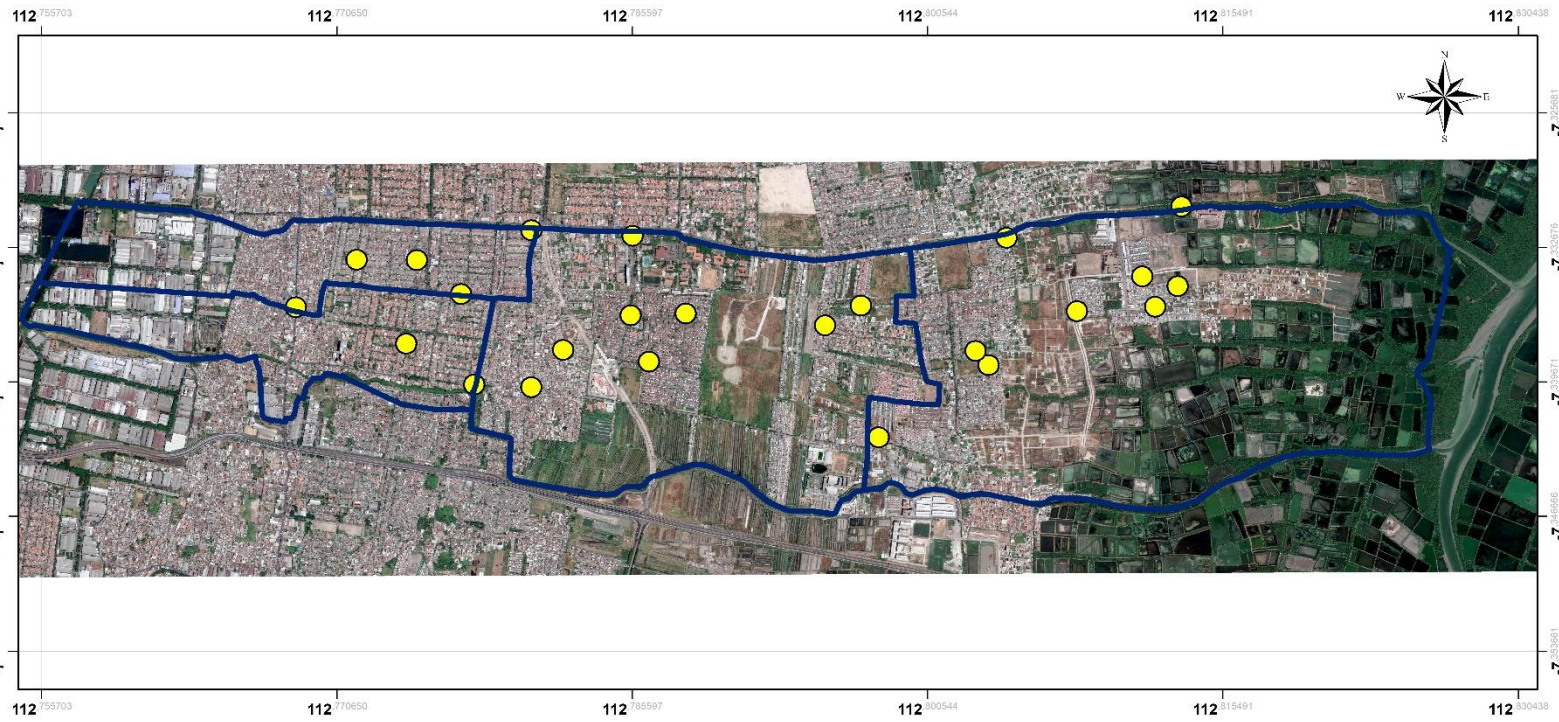
Dari hasil perhitungan didapatkan hasil 24 lokasi sampling untuk membangun model yang kemudian dibagi menjadi 3 *cluster* yaitu:

- Cluster I* : 8 tipe hunian sederhana
- Cluster II* : 8 tipe hunian menengah
- Cluster III* : 8 tipe hunian mewah

Lokasi untuk penetapan model yaitu 8 lokasi yang mewakili masing-masing *cluster*, sehingga lokasi untuk penetapan model berjumlah 24 lokasi. Pengelompokan ini didasarkan pada tipe hunian permukiman. Tipe kawasan permukiman yang digunakan adalah kawasan perumahan yang mewakili golongan strata menengah ke atas (mewah), strata menengah, dan perkampungan yang mewakili golongan strata bawah (Wulangsari, 2014). Titik ini dipilih secara acak karena menggunakan teknik sampling acak sederhana. Sampling dilakukan untuk mendapatkan nilai konsentrasi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari kawasan permukiman Kecamatan Gunung Anyar. Titik sampling dipilih yang dapat merepresentasikan kawasan dengan presentase RTH 0 (tidak memiliki RTH) hingga *full* RTH. Adapun peta Kecamatan Gunung Anyar dan lokasi sampling yang dipilih dapat dilihat pada Gambar 3.6 dan Gambar 3.7.



Gambar 3.6 Populasi Box di Kecamatan Gunung Anyar



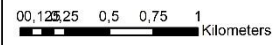
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA  
 2019

JUDUL PETA

PETA TITIK SAMPLING

SKALA

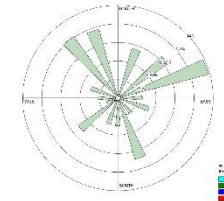
1:30.000



LEGENDA

- Titik Sampling
- Batas Kecamatan Gunung Anyar

WIND ROSE



### 3.3.7 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan antara Bulan Februari 2019 – April 2019. Penelitian dilakukan pada 5 hari kerja dan 2 hari libur selama 7 hari (Senin-Minggu). Hal ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan konsentrasi CO<sub>2</sub> dan reduksi CO<sub>2</sub> saat hari kerja dan hari libur serta menentukan model persamaan yang ideal. Penelitian dilakukan dalam selang waktu satu jam selama 12 jam dari pukul 06.00 – 18.00. Dilakukan pada rentang tersebut karena terdapat fase siang dimana terdapat cahaya sehingga dapat terjadi proses fotosintesis yang mampu menurunkan konsentrasi CO<sub>2</sub> sehingga proses reduksi tertinggi terjadi pada siang hari yang menyebabkan konsentrasi CO<sub>2</sub> minimum (Salisbury, 1999). Selain itu penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model RTH pada kondisi terjelek dan tidak stabil atau kondisi dimana terjadi aktivitas tinggi (emisi dan serapan). Saat malam hari kondisi meteorologi stabil sehingga pengaruh meteorologi kecil dan emisi hanya berasal dari proses alamiah (Jacobson, 2005).

Pengambilan data konsentrasi dilakukan pukul 06.00; 09.00; 12.00; 15.00 dan 18.00 kemudian diinterpolasi untuk mendapatkan data seri konsentrasi CO<sub>2</sub> per 1 menit pada setiap jam dalam waktu 12 jam. Pada pagi hari (06.00) dilakukan pengukuran untuk mewakili kondisi akumulasi CO<sub>2</sub> yang berasal dari proses alamiah tumbuhan dan manusia secara alami di malam hari dimana sinar matahari baru muncul sehingga konsentrasi CO<sub>2</sub> cenderung tinggi (kondisi belum terjadi serapan). Pengukuran siang hari (12.00) untuk mewakili kondisi dimana intensitas cahaya matahari tinggi sehingga terjadi proses serapan tinggi. Menurut Wahyudi *et al.* (2017), pada pukul 12.00 nilai CO<sub>2</sub> menurun sebab merupakan waktu puncak fotosintesis sehingga CO<sub>2</sub> yang diserap mencapai batas maksimal. Hal ini sesuai dengan penelitian Salisbury (1999) yang menyatakan bahwa vegetasi mereduksi massa CO<sub>2</sub> udara ambien melalui proses fotosintesis pada siang hari sehingga konsentrasi CO<sub>2</sub> terendah terjadi dalam rentang waktu siang hingga menjelang sore hari. Sedangkan pada malam hari, vegetasi mengemisi massa CO<sub>2</sub> ke udara ambien. Pengukuran sore hari (18.00) mewakili kondisi konsentrasi CO<sub>2</sub> mulai meningkat karena intensitas matahari mulai menurun.

### 3.3.8 Tahapan Penelitian

Untuk mencapai tujuan penelitian ini maka diperlukan metode pengumpulan data dan metode analisis yang memadai. Langkah-langkah utama dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Tahap Persiapan

Terdiri dari beberapa hal, meliputi:

1. Studi literatur untuk menentukan indikator proses reduksi CO<sub>2</sub> udara ambien dan metoda perhitungannya.
2. Menyiapkan data sekunder yaitu lokasi citra terektifikasi yang di-*capture* dari *Google Earth* menggunakan *Google Mapper*, data RTH, data arah dan kecepatan angin pada kondisi yang terwakili citra dari DLH Kota Surabaya.
3. Menentukan jumlah populasi dan area sampel penelitian menggunakan data arah dan kecepatan angin rata - rata.
4. Persiapan alat dan *software*.

#### 2. Tahap Pelaksanaan Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengukuran konsentrasi CO<sub>2</sub> dilakukan pada pukul 06.00 – 18.00 WIB. Pengukuran konsentrasi saat pagi, siang, dan sore diinterpolasi untuk mendapatkan data seri CO<sub>2</sub> selama 12 jam dengan durasi pengukuran selama 1 menit ( $\Delta t = 1$  menit) dalam tiap jam pengukuran. Alat akan mengukur setiap perubahan konsentrasi CO<sub>2</sub> selama 1 menit sehingga perlu dicatat setiap angka yang muncul pada alat. Konsentrasi CO<sub>2</sub> adalah rata – rata konsentrasi selama 1 menit pengukuran. Pengambilan data dilakukan pada 24 lokasi sampling menggunakan alat CO<sub>2</sub> *meter* yang diukur pada ketinggian  $\pm 2$  meter, mewakili tinggi rata-rata manusia karena mayoritas kegiatan manusia dilakukan pada ketinggian tersebut (Buns dan Kuttler, 2012). Pada ketinggian 2 meter merupakan *roughness layer* dimana pengaruh meteorologi kecil dan dominan terjadi proses serapan dan emisi CO<sub>2</sub> (Jacobson, 2005). Menurut SNI 19-7119.6-2005, untuk uji parameter udara secara manual ketinggian probe dari tanah minimal 1,5 meter. GPS untuk menentukan koordinat dan elevasi,

sedangkan kecepatan dan arah angin diukur dengan anemometer.

2. Delineasi untuk penentuan proporsi penggunaan lahan RTH dan non RTH. Delineasi merupakan suatu proses penggambaran ruang atau luasan untuk membatasi zona kawasan atau wilayah tertentu sehingga menjadi tampak berbeda dari wilayah sekitarnya (Riadi, 2011). Delineasi *box* ini dilakukan menggunakan *software Universal Maps Downloader, Global Mapper, dan Arc GIS 10.3*. Sehingga hasil dari delineasi ini berupa luasan masing – masing komponen (RTH dan non RTH) yang nantinya luasan tersebut dapat dikonversi menjadi persentase. Sehingga dapat diketahui proporsi penggunaan lahan antara RTH dan non RTH (luasan permukiman, jalan, lahan/tanah kosong, dan badan air).
3. Membuat grafik rata – rata konsentrasi pada selang waktu 12 jam, tentukan persamaan konsentrasi CO<sub>2</sub> (Ct). Hitung Net\_CO<sub>2</sub>-Con dengan melakukan deferensiasi terhadap konsentrasi CO<sub>2</sub> untuk menentukan persamaan laju konsentrasi CO<sub>2</sub>. Tentukan nilai kumulatif CO<sub>2</sub> (Net\_CO<sub>2</sub>-Con) dengan melakukan integrasi numerik untuk mengetahui reduksi CO<sub>2</sub> jika bernilai negatif (-) maka reduksi > emisi CO<sub>2</sub>, bernilai positif (+) menunjukkan reduksi < emisi CO<sub>2</sub> dan bernilai 0 yang menunjukkan keseimbangan.
4. Melakukan analisis hubungan signifikansi (korelasi dan regresi) antara parameter, untuk mengetahui hubungan serta pengaruh proporsi unsur ruang, baik unsur RTH maupun non RTH (luasan permukiman, jalan, lahan/tanah kosong, dan badan air) terhadap nilai reduksi CO<sub>2</sub> dan menghasilkan model penetapan RTH. Dari uji persamaan tersebut akan dilihat nilai R<sup>2</sup> nya. Hasil dari Arifin (2005), persamaan dikatakan akurat apabila R<sup>2</sup> bernilai lebih dari 0,6 (R<sup>2</sup> > 0,6).
5. Pengaplikasian model persamaan.

### **3.3.9 Hasil dan Pembahasan**

Analisis dilakukan terhadap data yang diperoleh dari hasil pengukuran kualitas udara ambien di kawasan permukiman



Kecamatan Gunung Anyar. Pada bagian hasil pembahasan akan menjelaskan pengaruh parameter dan variabel yang telah ditentukan. Hasil penelitian meliputi hal berikut:

- a) Penentuan konsentrasi CO<sub>2</sub> dan nilai kumulatif Net\_CO<sub>2</sub>-CO<sub>n</sub>, meliputi:
  1. Kurva nilai konsentrasi CO<sub>2</sub>
  2. Kurva penentuan laju perubahan konsentrasi CO<sub>2</sub> selama 12 jam didapatkan dari deferensi kurva konsentrasi CO<sub>2</sub> terhadap fungsi waktu  $K = \frac{\Delta C}{\Delta t}$ . Dimana  $\Delta C$  adalah perubahan konsentrasi CO<sub>2</sub> selama satu rentang waktu ( $\Delta t$ ).
  3. Nilai kumulatif Net\_CO<sub>2</sub>-CO<sub>n</sub> sebagai indikator reduksi CO<sub>2</sub> didapatkan dari integrasi kurva laju perubahan konsentrasi selama satu periode. Kumulatif konsentrasi CO<sub>2</sub> setara dengan luasan antara kurva  $\frac{\Delta C}{\Delta t}$  dengan garis [ $\frac{\Delta C}{\Delta t} = 0$ ].
- b) Analisa perbandingan, meliputi:

Dilakukan analisis perbandingan kemampuan reduksi CO<sub>2</sub> berdasarkan luasan sampel RTH dan non RTH yang diteliti.
- c) Uji statistik, meliputi:
  1. Analisa korelasi konsentrasi CO<sub>2</sub> dan reduksi CO<sub>2</sub> dengan proporsi unsur ruang (RTH dan non RTH). Didapatkan dari grafik hubungan antara luas RTH dengan rata-rata konsentrasi CO<sub>2</sub> dan hubungan luas RTH dengan rata-rata laju perubahan konsentrasi CO<sub>2</sub> udara ambien selama 12 jam lalu dianalisis nilai korelasi (r).
  2. Analisa regresi dilakukan untuk mencari ada tidaknya hubungan linear antara variabel (bebas (X) dan terikat (Y)) sehingga didapatkan persamaan matematis (model) untuk mengetahui nilai dan pengaruh reduksi CO<sub>2</sub> (Y) terhadap proporsi unsur ruang RTH dan non RTH (X). Hasil model persamaan ini dapat digunakan untuk pertimbangan perencanaan tata ruang wilayah.
  3. Implementasi untuk membuktikan validitas dari model persamaan yang dibuat.

### **3.3.10 Kesimpulan dan Saran**

Penarikan kesimpulan dan penyusunan saran didasarkan pada hasil analisis dalam pelaksanaan penelitian dan pembahasan. Kesimpulan ini merupakan jawaban dari rumusan masalah dan tujuan penelitian. Sedangkan saran yang diberikan untuk perbaikan penelitian dan pelaksanaan penelitian lebih lanjut. Kesimpulan pada penelitian ini memberikan informasi tentang:

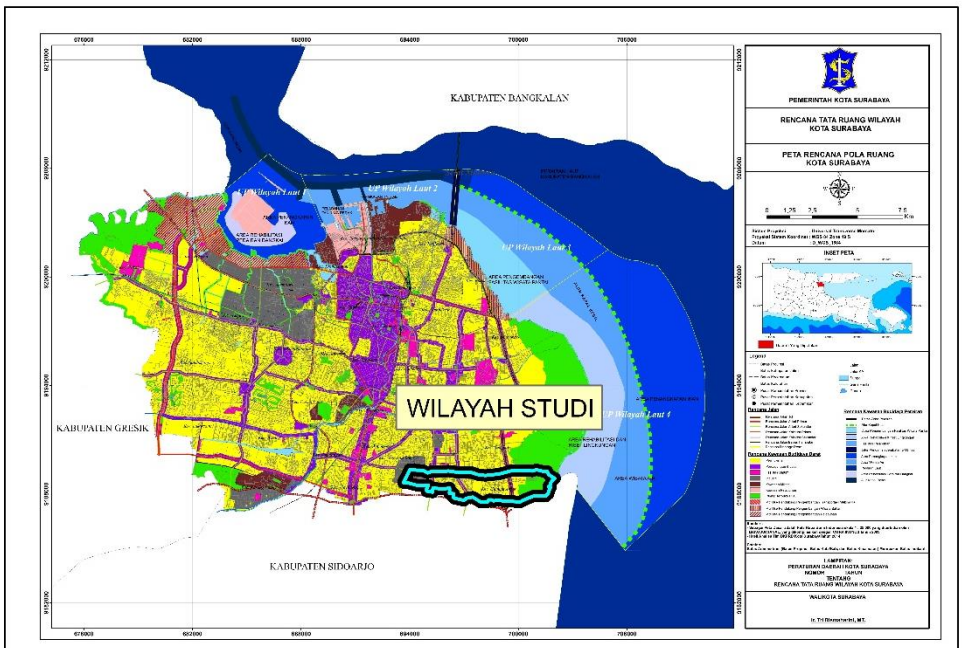
1. Nilai kumulatif konsentrasi CO<sub>2</sub>, sehingga dapat menentukan bagaimana pengaruh proporsi unsur ruang (RTH dan non RTH) terhadap reduksi CO<sub>2</sub> udara ambien oleh RTH selama 12 jam pada suatu kawasan permukiman di Kecamatan Gunung Anyar pada hari kerja dan hari libur.
2. Model penetapan ruang terbuka hijau untuk mereduksi CO<sub>2</sub> udara ambien pada suatu kawasan.

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

#### 4.1.1 Geografis dan Demografis Wilayah

Menurut data BPS Kecamatan Gunung Anyar dalam angka 2017, Kecamatan Gunung Anyar termasuk wilayah geografis Kota Surabaya yang merupakan bagian dari wilayah Surabaya Timur. Secara geografis Kota Surabaya terletak pada koordinat  $7^{\circ} 21' 0''$  Lintang Selatan dan  $112^{\circ} 36' 0'' - 112^{\circ} 54' 0''$  Bujur Timur. Kecamatan Gunung Anyar memiliki ketinggian 3 meter di atas permukaan air laut (dpl). Peta wilayah studi dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Wilayah Studi Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya

Luas wilayah Kecamatan Gunung Anyar adalah 9,2 km<sup>2</sup> terbagi menjadi 4 kelurahan yaitu Rungkut Menanggal, Rungkut Tengah, Gunung Anyar, dan Gunung Anyar Tambak. Batas batas wilayah dari Kecamatan Gunung Anyar:

Utara : Kecamatan Rungkut  
 Timur : Selat Madura  
 Selatan : Kabupaten Sidoarjo  
 Barat : Kecamatan Tenggilis Mejoyo

Berdasarkan data dari Kecamatan Gunung Anyar Dalam Angka 2017, pada akhir tahun 2016 jumlah penduduk Kecamatan Gunung Anyar Kota Surabaya 58.638 jiwa dengan kepadatan penduduk 6.380,63 jiwa/km<sup>2</sup>. Distribusi dan tingkat kepadatan penduduk berdasarkan di Kecamatan Gunung Anyar dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Jumlah dan Tingkat Kepadatan Penduduk Berdasarkan Kelurahan di Kecamatan Gunung Anyar

Kelurahan	Luas Wilayah (Km <sup>2</sup> )	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kepadatan Penduduk (Jiwa/Km <sup>2</sup> )
Rungkut Menanggal	0,92	15.504	16.852,17
Rungkut Tengah	0,93	13.219	14.213,98
Gunung Anyar	2,94	21.036	7.155,1
Gunung Anyar Tambak	4,41	8.879	2.013,38
Jumlah	9,19	58.638	6.380,63

Sumber: Kecamatan Gunung Anyar dalam Angka 2017, BPS

#### 4.1.2 Iklim dan Cuaca

Kecamatan Gunung Anyar terletak di Kota Surabaya yang berada di negara beriklim tropis, sehingga memiliki dua musim setiap tahunnya yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Jumlah hari hujan mencapai 248 hari per bulan dengan curah hujan rata-rata mencapai 18,6 mm/hari. Curah hujan tertinggi biasanya terjadi pada Bulan Februari dan terendah pada Bulan

November. Suhu tertinggi di Kecamatan Gunung Anyar mencapai 34 °C dan terendah yaitu 23,4 °C.

#### 4.1.3 Penggunaan Lahan Eksisting

Luas wilayah Kecamatan Gunung Anyar adalah 9,2 km<sup>2</sup>. Lokasi ini dipilih karena menurut data dari RTRW Kota Surabaya (2015), Kecamatan ini didominasi oleh sektor permukiman sehingga dapat mewakili kawasan permukiman dan RTH.

Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Surabaya No. 12 Tahun 2014 Kecamatan Gunung Anyar ini termasuk kawasan lindung yang berfungsi sebagai RTH. Kecamatan ini termasuk kawasan permukiman kepadatan rendah yang terancam pembangunan Kota Surabaya kearah timur sehingga menyebabkan alih fungsi lahan bervegetasi menjadi lahan permukiman untuk itu diperlukannya studi mengenai reduksi CO<sub>2</sub> untuk penetapan model RTH yang ideal.

Tabel 4.2 Penggunaan Lahan di Kecamatan Gunung Anyar

Kelurahan	Non Pertanian	Pertanian Sawah	Pertanian Nonsawah
Rungkut Menanggal	92,35	0,00	0,00
Rungkut Tengah	93,72	0,00	0,00
Gunung Anyar	231,00	10,00	0,00
Gunung Anyar Tambak	19,20	0,00	422,77
Jumlah	436,26	10	422,77

Sumber: Kecamatan Gunung Anyar dalam Angka, 2017

Lahan non pertanian ini digunakan untuk kawasan permukiman, industri, dan komersial. Luasan RTH publik berupa taman atau jalur hijau yang ada di Surabaya Timur sebesar 62,49 Ha sedangkan khusus di Kecamatan Gunung Anyar sebesar 3.802 m<sup>2</sup> (DKRTH, 2018). Seiring bertambahnya penduduk dan lahan permukiman menyebabkan peningkatan emisi CO<sub>2</sub> juga. Emisi CO<sub>2</sub> yang berasal dari sektor permukiman Kecamatan Gunung Anyar adalah 652,15 ton CO<sub>2</sub>/bulan dan transportasi sebesar 6.969,37 CO<sub>2</sub>/tahun. Total emisi CO<sub>2</sub> Kecamatan Gunung Anyar sebesar 91.458, 42 ton CO<sub>2</sub>/tahun (Pradiptiyas *et al.*, 2011).

#### 4.1.4 Penentuan Lokasi Pengambilan Data

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan vegetasi dalam mereduksi CO<sub>2</sub> udara ambien di ruang terbuka hijau pada kawasan permukiman Kecamatan Gunung Anyar. Pengukuran data konsentrasi CO<sub>2</sub> dilakukan saat hari kerja dan hari libur untuk mengetahui perbedaan konsentrasi CO<sub>2</sub> saat terjadi aktifitas tinggi maupun rendah. Dilakukan saat siang hari karena bertujuan untuk mengembangkan RTH pada kondisi terjelek dimana aktifitas padat sedangkan pada malam hari kondisi stabil karena minim pengaruh meteorologi (Jacobson, 2005).

Tahap awal sebelum melakukan pengambilan data konsentrasi CO<sub>2</sub> adalah menentukan lokasi titik pengambilan sampel sebanyak 24 lokasi yang terbagi menjadi 3 *cluster*. Titik lokasi yang dipilih merupakan kawasan permukiman. Pembagian *cluster* didasarkan pada tipe hunian, yaitu pada kawasan tipe hunian sederhana, menengah dan mewah masing – masing sebanyak 8 titik sesuai dengan perhitungan pada sub-bab 3.3.6. Koordinat lokasi pengambilan sampel pada 24 titik disajikan pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Koordinat dan Elevasi Lokasi Pengukuran Konsentrasi CO<sub>2</sub> di Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya

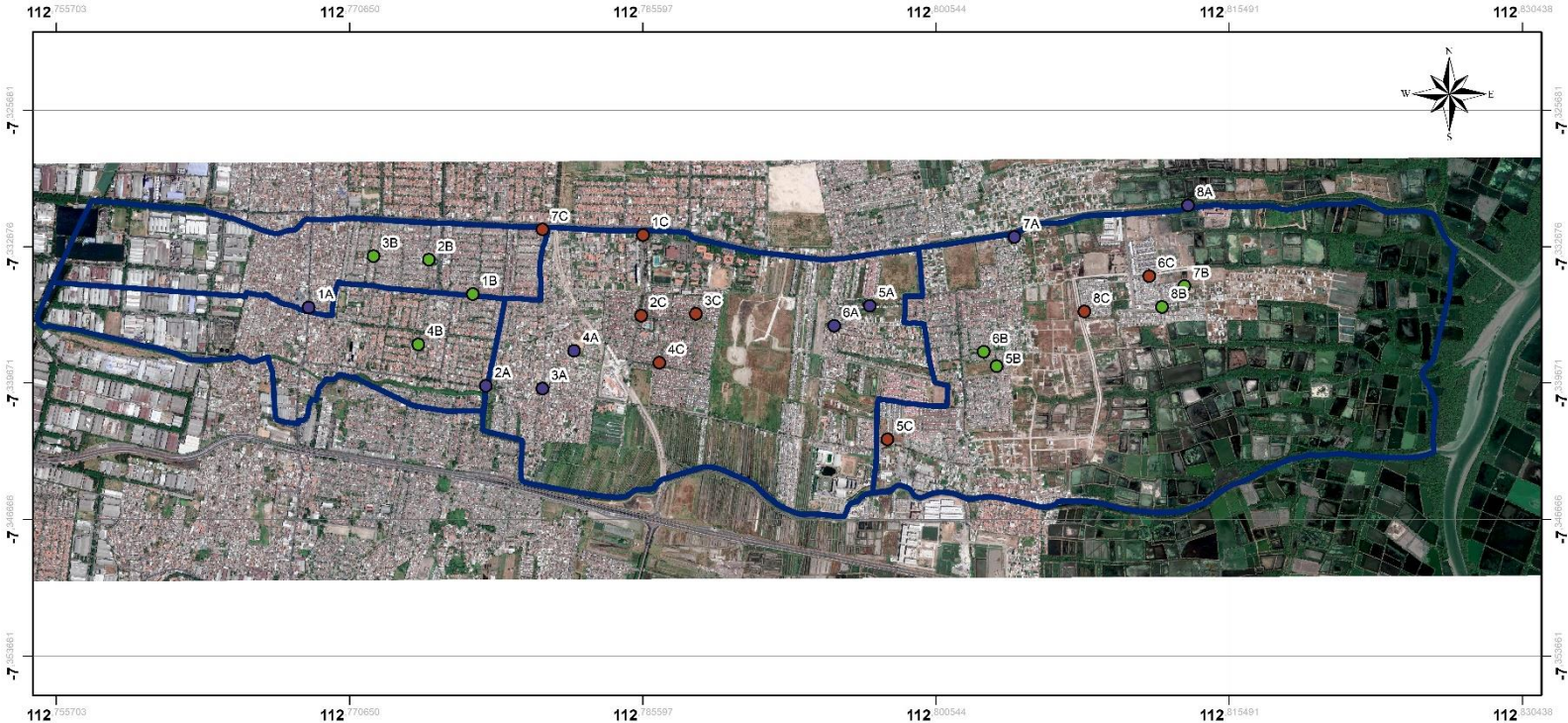
Lokasi	Titik	Posisi		Elevasi
		X	Y	
Cluster I (Tipe Permukiman Sederhana)	1	695226,95	9188744,55	4
	2	696222,64	9188296,28	6
	3	696541,14	9188279,62	7
	4	696719,98	9188493,52	4
	5	698385,27	9188741,26	4
	6	698184	9188628,34	5
	7	699201	9189128,36	5
	8	700178,59	9189304,25	5
Cluster 2 (Tipe Permukiman Menengah)	1	696150,65	9188816,42	5
	2	695904,58	9189013,17	4
	3	695592,95	9189034,58	4
	4	695843,08	9188533,24	6
	5	699097,29	9188396,74	5
	6	699024,63	9188478,4	5
	7	700156,57	9188845,96	6
	8	700030,4	9188728,37	6
Cluster 3 (Tipe Permukiman Mewah)	1	697110,71	9189147,46	3
	2	697098,13	9188690,88	5
	3	697405,83	9188700,05	5
	4	697199,21	9188423,93	6
	5	698482,19	9187983,76	6
	6	699958,54	9188903,41	5
	7	696544,83	9189182,37	5
	8	699593,16	9188704,75	5

Sumber: Hasil Pengukuran

Letak titik koordinat masing – masing lokasi dan pembagian cluster disajikan dalam peta untuk mempermudah pembacaan. Peta persebaran titik lokasi dapat dilihat pada Gambar 4.2.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA  
 2019

JUDUL PETA

PETA LOKASI PENGAMBILAN  
 DATA KONSENTRASI CO<sub>2</sub>

SKALA

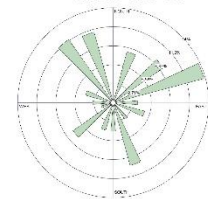
1:30.000

00,125 0,25 0,5 0,75 1  
 Kilometers

**LEGENDA**

- Titik Pengamatan Cluster I
- Titik Pengamatan Cluster II
- Titik Pengamatan Cluster III
- Batas Kecamatan Gunung Anyar

**WIND ROSE**



**SUMBER : PENGAMATAN LANGSUNG**

Gambar 4.2 Peta Lokasi Pengambilan Data Konsentrasi CO<sub>2</sub>

Dokumentasi lokasi penelitian pada Kecamatan Gunung Anyar disajikan pada Gambar 4.3. Dokumentasi unit analisis yang lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran 1.



Gambar 4.3 Contoh Situasi di Lokasi Sampling (Lokasi 2 *Cluster 3* dan Lokasi 3 *Cluster 2*)

## 4.2 Pengukuran Konsentrasi CO<sub>2</sub>

Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan salah satu gas yang banyak dihasilkan di wilayah perkotaan atau urban, terutama dari sektor rumah tangga (Nugrahayu, 2017). Adanya gas karbon di udara yang semakin meningkat dapat membentuk lapisan yang menahan panas bumi sehingga suhu udara bumi semakin panas dan mengakibatkan perubahan iklim dan pergeseran musim di seluruh bumi (Lailiati, 2013). Pengukuran konsentrasi CO<sub>2</sub> dilakukan dengan menggunakan alat CO<sub>2</sub> meter tipe Lutron GC-

2028 yang menggunakan prinsip NIDR (*Non Dispersive Infrared*) sensor sebagai pendeteksi gas dengan metode spektroskopi. Pengukuran secara elektrooptik dengan penyerapan terhadap Panjang gelombang tertentu dalam inframerah. *AQ Pro Air Quality Monitor* dilengkapi sensor *infrared* yang mampu mengukur dengan rentang 0-5000 ppm (Manual Operation, 2018). Pengukuran ini dilakukan dengan pengulangan selama 7 hari (5 hari kerja dan 2 hari libur) untuk akurasi data. Dilakukan pada pukul 06.00; 09.00; 12.00; 15.00; 18.00 dimana durasi tiap kali pengukuran selama 1 menit (60 detik) dengan pencatatan angka setiap 6 detik sebanyak 10 kali kemudian dirata-rata. Data tersebut kemudian diinterpolasi untuk mendapatkan data seri konsentrasi CO<sub>2</sub> pada setiap jam selama 12 jam.

Pengukuran dilakukan pada ketinggian 2 meter dari permukaan tanah dimana pada zona ini dominan terjadi pengaruh emisi dan reduksi CO<sub>2</sub> karena mayoritas kegiatan manusia dilakukan pada ketinggian tersebut dan pengaruh meteorologi kecil (Buns dan Kuttler, 2012).

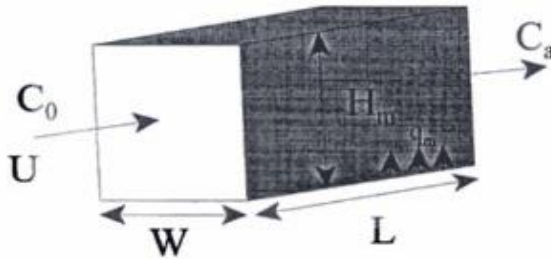
#### 4.2.1 Metode Sampling dengan Model Box

Menurut Reible (1999), model box didasarkan pada keseimbangan polutan yang masuk dan keluar dari box. Panjang box (L) merupakan angin yang melalui sepanjang lintasan dengan waktu tertentu, dan ketinggian box (Hm) merupakan tinggi percampuran. Menurut Pasaribu dan Tangahu (2015), *box model* digunakan untuk menghitung konsentrasi CO<sub>2</sub> pada udara ambien. Lebar dan panjang diukur sesuai panjang dan lebar kota dengan menggunakan titik koordinat (Vyankatesh, 2014).

Menurut teori model box yang dijelaskan Nevers (2000), aliran udara dalam box merata dan teraduk sempurna sehingga terjadi hukum kekekalan massa dimana konsentrasi CO<sub>2</sub> yang terukur ditengah box merupakan resultan antara konsentrasi CO<sub>2</sub> yang masuk, emisi, dan konsentrasi CO<sub>2</sub> yang keluar. Sehingga ukuran kotak tersebut mewakili aktivitas penyerapan maupun emisi CO<sub>2</sub> yang ada didalam box. Maka berlaku hukum kekekalan massa yaitu pada saat  $\Delta t$  terjadi perubahan massa  $\Delta m$  dalam box:

$$\Delta m = m_{in} - m_{out} + m_{emisi} - m_{reduksi} \dots \dots \dots (12)$$

Menurut Reible (1999) prinsip *box model* merupakan penjumlahan aliran keluar dan masuk seperti Gambar 4.4.



Gambar 4.4 *Box Model*  
Sumber: Reible, 1999

Berdasarkan gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa  $C_0$  adalah konsentrasi pada tepi yang masuk melawan angin dengan asumsi teraduk secara sempurna.  $C_a$  merupakan konsentrasi dalam kotak yang dianggap sama di manapun dan di tepi arah keluar melawan arah angin (Reible, 1999). Sehingga didapatkan rumus sebagai berikut:

$$\text{Input} = UC_0 (WHm) + qm (LW) \dots \dots \dots (13)$$

$$\text{Output} = UC_a (WHm) \dots \dots \dots (14)$$

$$0 = (\text{konsentrasi input} - \text{konsentrasi output}) \dots \dots \dots (15)$$

Maka konsentrasi masuk dikurangi konsentrasi keluar adalah 0, dan konsentrasi yang berada di dalamnya sama dengan konsentrasi yang terwakili pada titik tengah box karena asumsi teraduk secara sempurna (Nevers, 1995).

Luas unit analisis setiap waktu akan berubah, dimana luas unit akan ditentukan oleh kecepatan angin rata-rata ( $V_r$ ) dan perubahan konsentrasi dalam satu waktu ( $\Delta t$ ). Titik pusat unit analisis adalah titik lokasi sampling yang telah ditentukan koordinatnya (Santoso dan Otok, 2014).

Untuk mendapatkan ukuran box maya pada penelitian ini, digunakan kecepatan angin dari pengukuran langsung menggunakan alat anemometer. Durasi pengukuran selama 60 detik (1 menit). Sehingga dimensi box maya dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$V = L/t \dots\dots\dots (16)$$

dengan keterangan sebagai berikut :

L = panjang box (m)

t = waktu pengukuran (s)

V = kecepatan angin (m/s)

Hasil dimensi box tersebut akan digunakan untuk proses deliniasi masing – masing unit analisis untuk mengetahui proporsi unsur ruang.

Konsentrasi yang terukur pada alat CO<sub>2</sub> meter merupakan konsentrasi dari *box model*. Data pengukuran konsentrasi CO<sub>2</sub> masing – masing lokasi per hari dapat dilihat pada Lampiran 2. Sedangkan perbedaan konsentrasi CO<sub>2</sub> rata – rata saat hari kerja dan hari libur dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Konsentrasi CO<sub>2</sub> Rata – Rata Kawasan Permukiman pada Hari Kerja dan Hari Libur di Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya

Lokasi	Titik	Posisi		Konsentrasi CO <sub>2</sub> (ppm)							Rata - Rata Hari Kerja	Rata - Rata Hari Libur	Rata - rata
		X	Y	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu			
Cluster I (Tipe Permukiman Sederhana)	1	695226,95	9188744,55	294	297	278	280	290	304	309	288	306	293
	2	696222,64	9188296,28	289	287	287	299	293	291	281	291	286	289
	3	696541,14	9188279,62	288	280	272	296	262	302	270	280	286	281
	4	696719,98	9188493,52	255	235	246	275	264	270	237	255	254	255
	5	698385,27	9188741,26	244	244	247	272	257	250	244	253	247	251
	6	698184,00	9188628,34	246	273	252	260	264	281	253	259	267	261
	7	699201,00	9189128,36	241	237	244	242	259	244	238	244	241	243
	8	700178,59	9189304,25	242	222	254	247	246	248	254	242	251	245
Cluster II (Tipe Permukiman Menengah)	1	696150,65	9188816,42	250	253	260	268	269	270	247	260	258	260
	2	695904,58	9189013,17	230	259	256	271	247	268	252	253	260	255
	3	695592,95	9189034,58	239	269	260	255	260	256	257	257	257	257
	4	695843,08	9188533,24	248	283	262	258	269	280	245	264	263	264
	5	699097,29	9188396,74	234	235	234	253	260	263	237	243	250	245
	6	699024,63	9188478,40	235	229	236	246	256	261	246	240	254	244
	7	700156,57	9188845,96	237	226	243	240	245	243	227	238	235	237
	8	700030,40	9188728,37	232	225	231	241	251	244	237	236	241	237
Cluster III (Tipe	1	697110,71	9189147,46	241	250	253	257	253	258	244	251	251	251
	2	697098,13	9188690,88	247	233	253	245	258	259	237	247	248	247
	3	697405,83	9188700,05	272	240	242	242	240	265	236	247	251	248

Lokasi	Titik	Posisi		Konsentrasi CO <sub>2</sub> (ppm)							Rata - Rata Hari Kerja	Rata - Rata Hari Libur	Rata - rata
		X	Y	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu			
Permukiman Mewah)	4	697199,21	9188423,93	263	243	250	254	254	255	244	253	249	252
	5	698482,19	9187983,76	248	231	256	252	258	249	238	249	243	247
	6	699958,54	9188903,41	246	221	232	238	256	244	223	239	233	237
	7	696544,83	9189182,37	246	242	243	260	258	260	259	250	260	253
	8	699593,16	9188704,75	240	225	230	250	241	253	233	237	243	239
Rata - Rata											253	256	254

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.4 di atas, menunjukkan rata – rata konsentrasi harian pada kawasan permukiman Kecamatan Gunung Anyar. Konsentrasi CO<sub>2</sub> pada sektor rumah tangga cenderung lebih tinggi saat hari libur dibandingkan hari kerja hal ini sejalan dengan penelitian Akbar (2018), Orang – orang lebih banyak melakukan aktifitas di rumah sehingga menyebabkan frekuensi penggunaan listrik dan bahan bakar fosil meningkat. Semakin besar daya listrik yang digunakan maka semakin besar pula emisi yang dikeluarkan. Jenis dan frekuensi penggunaan bahan bakar juga turut mempengaruhi besarnya emisi CO<sub>2</sub> (Astari, 2012).

Dari hasil pengukuran, terdapat beberapa titik yang memiliki konsentrasi CO<sub>2</sub> melebihi ambang batas udara bersih WHO (310-330 ppm) saat pagi hari dan malam hari baik pada *cluster* I, II, dan III. Konsentrasi rata – rata CO<sub>2</sub> selama 7 hari pengukuran sebesar 254 ppm. Hal ini menunjukkan kualitas udara pada Kecamatan Gunung Anyar rata - rata berada di bawah batas kriteria udara bersih WHO. Bagian atmosfer yang sangat penting adalah gas CO<sub>2</sub>. Gas CO<sub>2</sub> sebagai GRK yang ada di atmosfer berfungsi untuk menjaga perbedaan panas dan dingin di permukaan bumi. Keberadaan CO<sub>2</sub> ini berfungsi mengurangi perbedaan suhu yang drastis antara siang dan malam serta antara musim dingin dan musin panas. Sehingga apabila konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer minim akan berpengaruh pada siklus karbon serta menyebabkan suhu atmosfer di bawah (troposfer) akan menjadi 34°C lebih rendah (Junaedi, 2007). Selain itu CO<sub>2</sub> berfungsi dalam proses fotosintesis yang akan menghasilkan oksigen. Fiksasi gas CO<sub>2</sub> dalam daun akan meningkat apabila konsentrasi gas CO<sub>2</sub> di lingkungan sekitar naik. Jenis tumbuhan dan suhu di lingkungan sekitar tumbuhan juga berpengaruh pada proses fiksasi gas CO<sub>2</sub> oleh tumbuhan (Adjers dan Otsamo, 1996).

#### **4.2.2 Pola Konsentrasi CO<sub>2</sub>**

Tujuan pembuatan pola konsentrasi adalah untuk mempermudah pembacaan hasil pengukuran konsentrasi CO<sub>2</sub> pada masing – masing titik. Dalam penentuan pola konsentrasi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) konsentrasi CO<sub>2</sub> pada masing – masing titik dirata – rata setiap jamnya. Hasil rata-rata konsentrasi CO<sub>2</sub> selama 12 jam pada masing – masing titik dapat dilihat hasilnya pada Tabel 4.5.



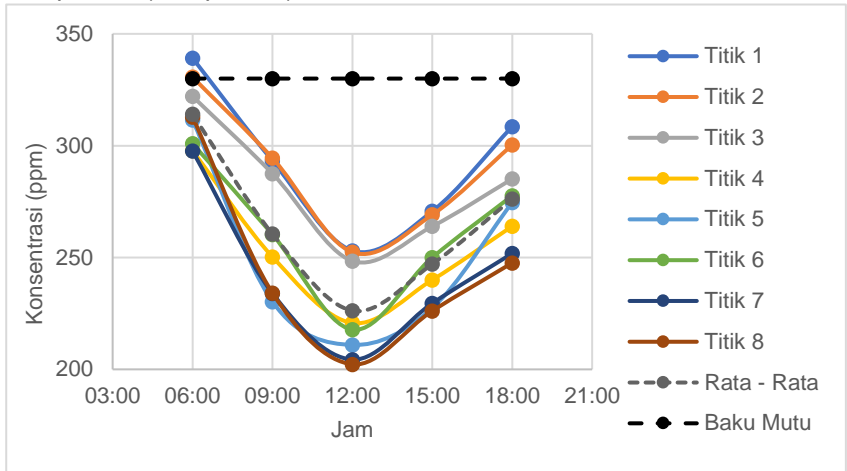
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Konsentrasi CO<sub>2</sub> Rata – Rata Selama 12 Jam Kawasan Permukiman di Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya

Lokasi	Titik	Posisi		Elevasi	Konsentrasi CO <sub>2</sub> (ppm)					Rata - Rata
		X	Y		06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	
Cluster I (Tipe Permukiman Sederhana)	1	695226,95	9188744,55	4	339	293	253	271	309	293
	2	696222,64	9188296,28	6	331	294	252	269	300	289
	3	696541,14	9188279,62	7	322	288	248	264	285	281
	4	696719,98	9188493,52	4	298	250	221	240	264	255
	5	698385,27	9188741,26	4	312	230	211	227	275	251
	6	698184,00	9188628,34	5	301	260	218	250	278	261
	7	699201,00	9189128,36	5	298	234	204	230	252	243
	8	700178,59	9189304,25	5	313	234	202	226	248	245
Cluster II (Tipe Permukiman Menengah)	1	696150,65	9188816,42	5	308	253	211	237	288	260
	2	695904,58	9189013,17	4	308	242	213	232	279	255
	3	695592,95	9189034,58	4	318	243	212	230	280	257
	4	695843,08	9188533,24	6	310	243	211	248	307	264
	5	699097,29	9188396,74	5	300	234	208	224	259	245
	6	699024,63	9188478,40	5	295	237	209	221	259	244
	7	700156,57	9188845,96	6	288	232	203	223	241	237
	8	700030,40	9188728,37	6	267	238	209	229	244	237
Cluster III (Tipe)	1	697110,71	9189147,46	3	308	236	212	233	266	251
	2	697098,13	9188690,88	5	298	230	210	235	263	247
	3	697405,83	9188700,05	5	285	233	213	230	281	248
	4	697199,21	9188423,93	6	289	242	218	237	273	252

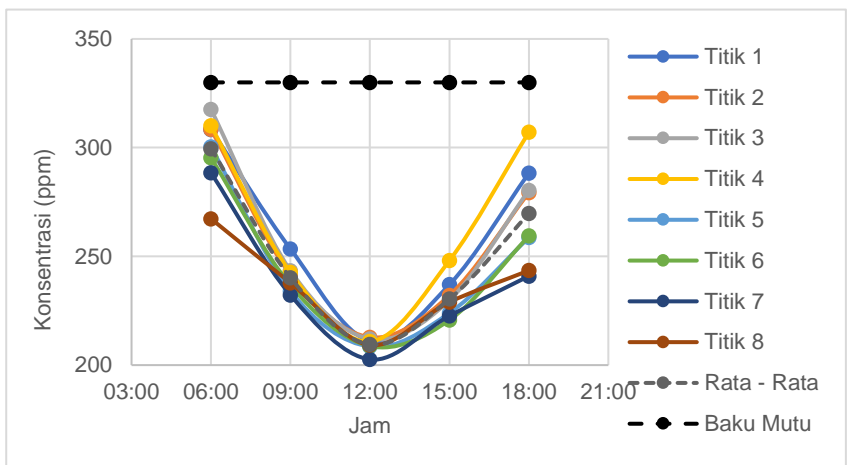
Lokasi	Titik	Posisi		Elevasi	Konsentrasi CO <sub>2</sub> (ppm)					Rata - Rata
		X	Y		06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	
Permukiman Mewah)	5	698482,19	9187983,76	6	303	242	212	228	251	247
	6	699958,54	9188903,41	5	271	237	213	221	243	237
	7	696544,83	9189182,37	5	302	248	212	226	276	253
	8	699593,16	9188704,75	5	275	233	203	228	254	239
Rata - Rata					302	246	216	236	270	254

Sumber: Hasil Perhitungan

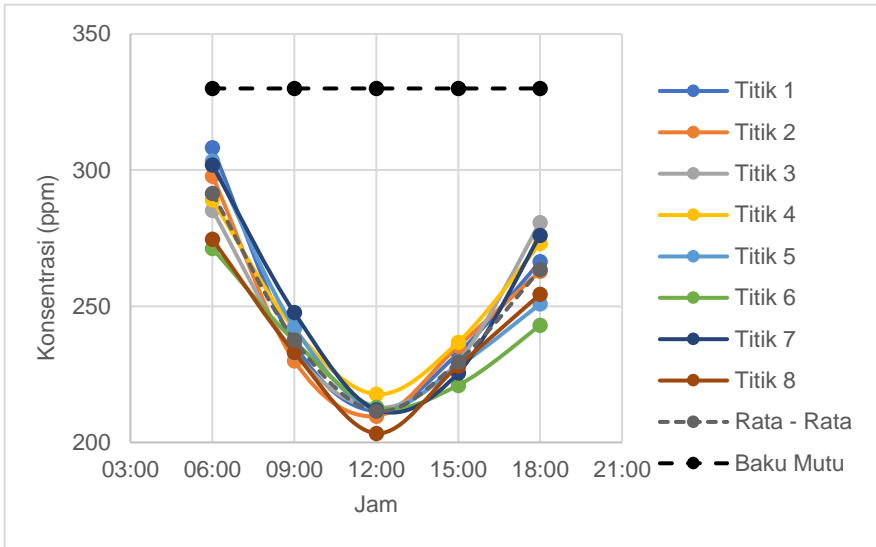
Berdasarkan tabel di atas maka dapat dibuat suatu grafik pola konsentrasi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), sehingga dari grafik dapat diketahui pola reduksi CO<sub>2</sub> yang terjadi. Grafik pola konsentrasi CO<sub>2</sub> pada masing – masing *cluster* dapat dilihat pada Gambar 4.5 sampai 4.7 (Lampiran 2).



Gambar 4.5 Pola Konsentrasi CO<sub>2</sub> di *Cluster I*



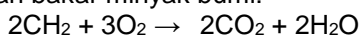
Gambar 4.6 Pola Konsentrasi CO<sub>2</sub> di *Cluster II*



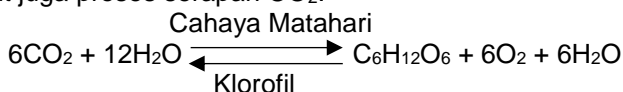
Gambar 4.7 Pola Konsentrasi CO<sub>2</sub> di Cluster III

Gambar grafik di atas menunjukkan perubahan konsentrasi CO<sub>2</sub> yang fluktuatif. Pada masing-masing *cluster* I, II, dan III (kawasan tipe permukiman sederhana, menengah dan mewah) memiliki pola konsentrasi terendah saat siang hari (12.00). Hal ini sesuai dengan penelitian Putra (2014), bahwa tumbuhan mereduksi CO<sub>2</sub> saat intensitas matahari mencapai puncaknya (tinggi) melalui proses fotosintesis sehingga reduksi terbesar terjadi saat siang hari. Fotosintesis merupakan proses biokimia pada tumbuhan hijau untuk menyusun senyawa organik dari karbon dioksida dan air dengan memanfaatkan energi cahaya matahari (Handoko dan Yunie, 2008). Sehingga konsentrasi minimum terjadi pada siang hari. Konsentrasi tertinggi terjadi saat pagi hari (06.00) dimana intensitas cahaya matahari masih rendah sehingga proses reduksi CO<sub>2</sub> oleh vegetasi (fotosintesis) belum mencapai titik optimal (Wiraatmaja, 2017). Pada malam hari konsentrasi CO<sub>2</sub> juga cenderung tinggi saat tidak terdapat sinar matahari. Saat malam hari tumbuhan melakukan respirasi dan mengemisikan CO<sub>2</sub> ke udara ambien. Produksi CO<sub>2</sub> pada malam hari berasal dari sumber alamiah (Salisbury, 2009).

Faktor lain yang mempengaruhi konsentrasi CO<sub>2</sub> adalah sumber emisi. Sumber CO<sub>2</sub> dihasilkan dari sumber alamiah maupun kegiatan manusia (antropogenik). Sumber alamiah berasal dari letusan gunung berapi, kebakaran hutan, dekomposisi biotik, atau respirasi makhluk hidup. Namun, sebagian besar pada wilayah penelitian ini berasal dari aktivitas manusia berupa pembakaran bahan bakar fosil yang dihasilkan dari sektor transportasi, industri, dan rumah tangga. CO<sub>2</sub> dihasilkan dari proses oksidasi sempurna bahan bakar yang melibatkan penggunaan oksigen. Berikut merupakan contoh reaksi pembakaran bahan bakar minyak bumi:



Dari reaksi pembakaran ini akan menghasilkan CO<sub>2</sub> dan air. Berdasarkan kondisi di lapangan, saat pagi hari intensitas aktivitas kendaraan bermotor, rumah tangga, dan industri kawasan Gunung Anyar cenderung tinggi sehingga sumber emisi yang tinggi akan menyebabkan konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer tinggi pula. Pada siang hari emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari aktifitas manusia juga masih tinggi hal ini ditandai dengan tingginya kendaraan bermotor yang berlalu lalang, aktivitas rumah tangga maupun industri. Proses pengurangan jumlah CO<sub>2</sub> di atmosfer dapat dilakukan oleh tanaman. Adanya vegetasi pada kawasan Gunung Anyar menyebabkan terjadinya proses fotosintesis. Penyerapan CO<sub>2</sub> berpengaruh besar pada fotosintesis. Proses fotosintesis dapat disebut juga proses serapan CO<sub>2</sub>.



Proses fotosintesis ini yang menyebabkan konsentrasi saat siang hari minimum.

Tinggi rendahnya nilai konsentrasi CO<sub>2</sub> pada pagi, siang, dan sore hari dapat dipengaruhi oleh aktivitas lingkungan sekitar seperti sumber emisi, perbedaan faktor meteorologi (suhu, kecepatan angin, kelembaban udara, dan intensitas sinar matahari) maupun jumlah RTH dimana vegetasi melakukan fotosintesis pada siang hari dan respirasi pada malam hari (Pantilu *et al.*, 2012). Kondisi ini juga disebabkan perbedaan suhu permukaan bumi dan atmosfer dimana pagi hari suhu permukaan bumi lebih dingin dari atmosfer. Atmosfer dalam keadaan diam dan

pergerakan minim sedangkan saat siang hari suhu permukaan lebih panas sehingga pergerakan cenderung keatas dan atmosfer stabil (Fadholi, 2013). Suhu lingkungan yang berhubungan dengan intensitas cahaya matahari mempengaruhi proses fotosintesis tanaman karena berpengaruh terhadap diferensiasi sel klorofil daun (Pantilu *et al.*, 2012).

Rata – rata konsentrasi CO<sub>2</sub> tertinggi terjadi saat pagi hari di *cluster* I (tipe perumahan sederhana) titik 1 sebesar 339 ppm dimana pada lokasi tersebut dekat dengan jalan. Saat pagi hari intensitas kendaraan tinggi akibat aktivitas manusia sehingga sumber emisi berasal dari aktivitas kendaraan bermotor. Selain itu, titik dekat dengan makam. Menurut WHO (1998), makam merupakan salah satu sumber penghasil CO<sub>2</sub> yang besar akibat proses dekomposisi mayat manusia yang menyebabkan konsentrasi CO<sub>2</sub> tinggi. Perbedaan jenis dan sumber emisi CO<sub>2</sub> juga ikut mempengaruhi perbedaan konsentrasi CO<sub>2</sub>.

Pada *cluster* II (tipe perumahan menengah) konsentrasi CO<sub>2</sub> tertinggi terjadi pada titik 3 sebesar 318 ppm. Sedangkan pada *cluster* III konsentrasi CO<sub>2</sub> tertinggi terjadi pada titik 1 sebesar 308 ppm. Hal ini terjadi karena kedua lokasi tersebut merupakan taman dengan vegetasi tinggi dimana saat pagi hari intensitas cahaya matahari masih rendah sehingga proses fotosintesis belum terjadi secara optimal. Konsentrasi CO<sub>2</sub> masih tinggi karena merupakan akumulasi sisa respirasi saat malam hari.

Nilai konsentrasi CO<sub>2</sub> terpengaruh oleh nilai emisi CO<sub>2</sub> dan kondisi mikrometeorologi. Kondisi mikrometeorologi berada di zona roughness layer (0-10 m) dan zona surface layer (0 m–100 m) (Contini *et al.*, 2012). Smagorinsky (1963) mengatakan, pada wilayah kota atau skala mikro akan terjadi perubahan waktu tiap jam (*hourly*) karena pengaruh turbulensi minimum dan pengaruh awan minimum. Kondisi mikrometeorologi untuk skala mikro akibat fenomena bumi berputar pada porosnya. Hal ini akan menghasilkan efek siang dan malam. Efek siang – malam merupakan perbedaan aktivitas emisi dan serapan CO<sub>2</sub> di ekosistem daratan maupun di udara. Keberadaan massa CO<sub>2</sub> di udara ambien wilayah kota dalam perspektif penggunaan lahan (*landuse*) pada zona roughness layer terpengaruh oleh 3 komponen, yaitu: RTH sebagai reservoir CO<sub>2</sub>, ruang non hijau (*non greenspace*) sebagai emitter CO<sub>2</sub> dan kondisi mikrometeorologi.

Resultan dari ketiga komponen tersebut akan mengakibatkan konsentrasi CO<sub>2</sub> di udara ambien berbeda secara spasial dan temporal.

#### 4.3 Delineasi Unit Analisis

Delineasi merupakan proses penggambaran ruang atau luasan untuk membatasi zona kawasan atau wilayah tertentu sehingga menjadi tampak berbeda dari wilayah sekitarnya (Riadi, 2011). Delineasi ini dilakukan untuk mengetahui proporsi antara penggunaan lahan RTH dan non RTH. Klasifikasi unsur ruang ini nantinya akan dijadikan dasar dalam penentuan proporsi masing – masing unsur ruang pada model box. Unsur ruang yang diklasifikasikan dalam penelitian ini adalah semak, perdu dan pohon sebagai fraksi ruang terbuka hijau (RTH), jalan dan/atau tanah kosong, bangunan permukiman, serta badan air. Hasil klasifikasi ini awalnya memiliki satuan luas (m<sup>2</sup>), selanjutnya akan dikonversi menjadi satuan persen (%) untuk melihat proporsi masing – masing unsur ruang pada box, terlebih unsur ruang RTH.

Tahap awal delineasi box adalah menentukan luasan box (unit analisis) dari data kecepatan angin rata – rata ( $V_r$ ) dan selang waktu ( $\Delta t$ ) sesuai pada perhitungan sub bab 3.3.6. Data rata – rata kecepatan dan arah angin yang digunakan adalah data pengukuran langsung di lapangan. Data angin dapat dilihat pada Lampiran 3.

Contoh penentuan ukuran *box* dilakukan pada titik 1 *cluster* I, dengan kecepatan angin rata – rata yang disajikan pada Lampiran 3 sebesar 1 m/s dan waktu pengukuran konsentrasi CO<sub>2</sub> selama 60 detik, maka panjang *box*:

$$L = V_r \times \Delta t = 1 \text{ m/s} \times 60 \text{ s} = 60 \text{ meter}$$

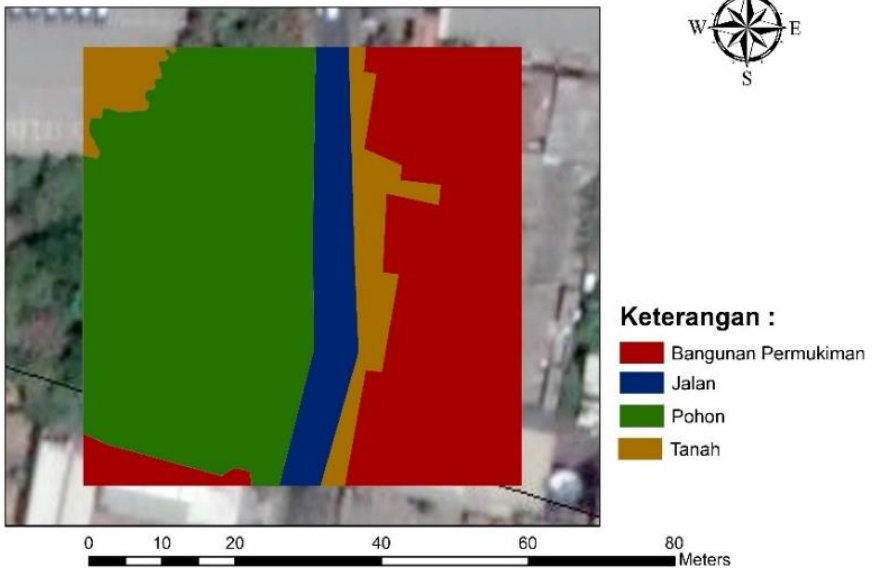
Sehingga, dimensi box yang digunakan untuk delineasi sebesar 60 m x 60 m. Langkah - langkah proses delineasi, yaitu:

1. Membuat project baru pada software *ArcGIS 10.3* dengan memasukkan citra yang telah terektifikasi sebelumnya pada *Universal Maps Downloader* dan *Global Mapper 19*.
2. Buat list titik – titik koordinat pada *Microsoft Excel* dan disimpan dengan format (.xls).
3. Input data titik koordinat pada *Arc Map 10.3* dengan cara klik *file* lalu *add XY data*.

4. Klik kanan pada layer lalu *Export data* kemudian pilih lokasi penyimpanan maka akan terbentuk layer baru.
5. Buatlah box dengan masing – masing ukuran yang telah ditentukan berdasarkan kecepatan angin dengan menggunakan tools *buffer* kemudian masukkan ukuran panjang box (m).
6. Lakukan proses delineasi ruang dengan cara digitasi menjadi unsur RTH (semak, perdu, dan pohon), jalan/tanah kosong, bangunan permukiman, dan badan air. Atur warna masing – masing unsur ruang.
7. Hitung luas dengan menggunakan Xtools calculate area.
8. Salin hasil luasan ke Microsoft Excel kemudian konversi luasan area menjadi satuan proporsi atau persentase.

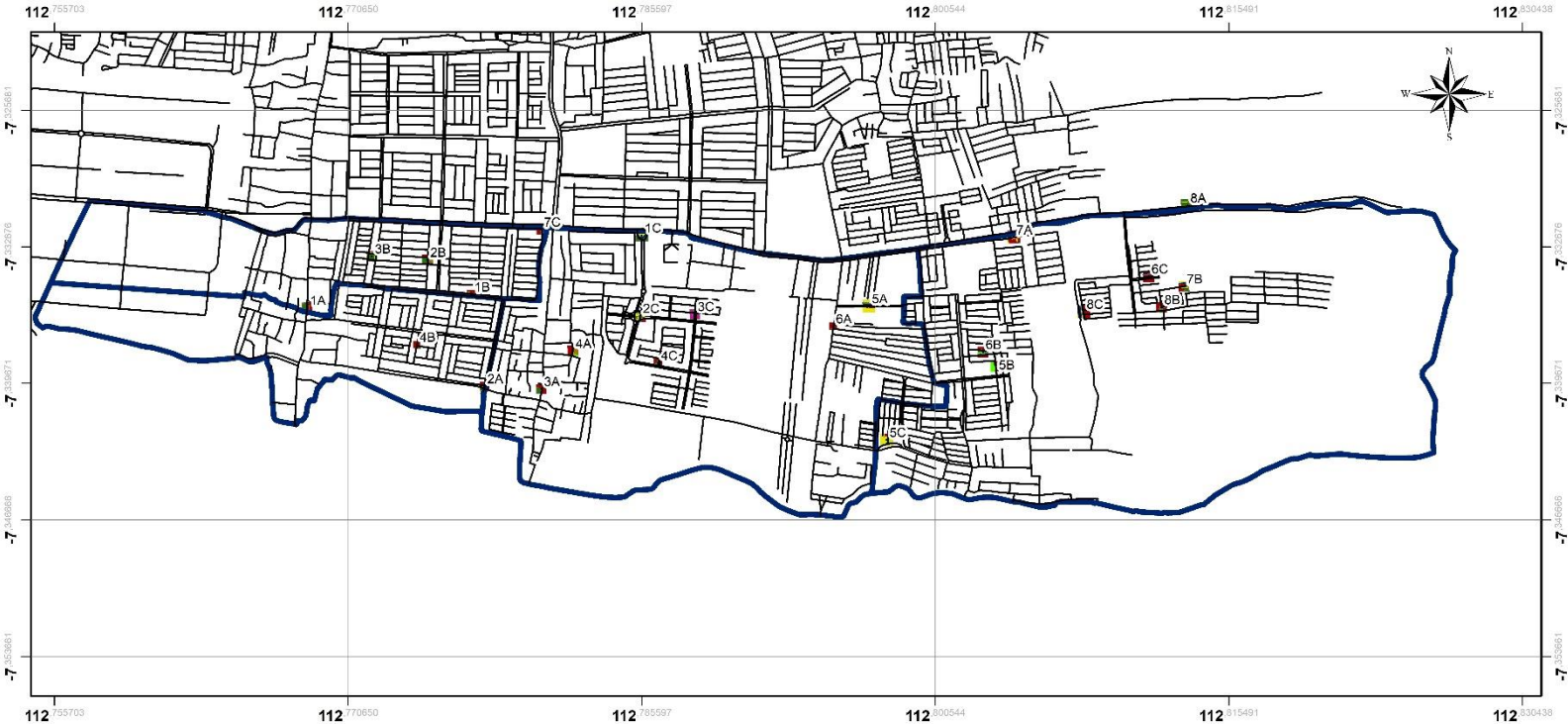
Hasil delineasi box salah satu unit analisis dapat dilihat pada Gambar 4.8. Perhitungan box dan delineasi dengan cara yang sama juga dilakukan pada lokasi lain. Delineasi 24 unit analisis dapat dilihat pada Gambar 4.9.

### Cluster 1 Titik 1



Gambar 4.8 Delineasi Titik 1 Cluster I (Kawasan tipe permukiman sederhana)





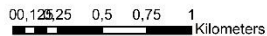
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA  
 2019

JUDUL PETA

PETA DELINEASI 24  
 UNIT ANALISIS

SKALA

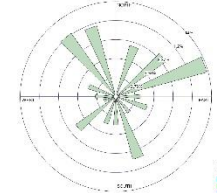
1:30.000



**LEGENDA**

- Bangunan Permukiman
- Jalan
- Perdu
- Pohon
- Semak
- Tanah
- Badan Air
- Titik Pengamatan Cluster I
- Titik Pengamatan Cluster II
- Titik Pengamatan Cluster III
- Batas Kecamatan Gunung Anyar
- Jalan
- Box Delineasi Unit Analisis

**WIND ROSE**



SUMBER : PENGAMATAN LANGSUNG

Gambar 4.9 Delineasi 24 Unit Analisis

Dari proses deliniasi ke-24 unit analisis pada Lampiran 4, didapatkan lokasi yang memiliki vegetasi dominan adalah *cluster* I (kawasan permukiman sederhana) yaitu pada kawasan mangrove dengan nilai proporsi RTH 100% dan *cluster* II (kawasan permukiman menengah) pada taman perumahan dengan nilai proporsi sebesar 90%. Sedangkan lokasi yang minim vegetasi adalah *cluster* III (kawasan permukiman mewah) dengan nilai proporsi RTH terbesar adalah 70,3 %. Kawasan ini memiliki RTH rendah karena sebagian besar lahan digunakan sebagai pertokoan dan sarana olahraga. Nilai proporsi penggunaan lahan RTH dan non RTH di-24 titik lokasi dapat dilihat pada Gambar Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Delineasi Proporsi Penggunaan Lahan dan Fraksi RTH 24 Unit Analisis

Lokasi	Titik	Posisi		Proporsi RTH (%)				Penggunaan Lahan (%)				
		X	Y	Semak	Perdu	Pohon	RTH	Permu kiman	Jalan	Tanah Kosong	Badan Air	Lahan non RTH
Cluster I (Tipe Permukiman Sederhana)	1	695226,95	9188744,55	0,0	0,0	46,3	46,3	35,3	9,2	9,2	0,0	53,7
	2	696222,64	9188296,28	0,0	10,6	15,0	25,6	49,8	15,1	9,5	0,0	74,4
	3	696541,14	9188279,62	0,0	0,0	34,6	34,6	53,1	12,4	0,0	0,0	65,4
	4	696719,98	9188493,52	0,0	7,7	0,0	7,7	43,0	9,7	39,5	0,0	92,3
	5	698385,27	9188741,26	66,9	1,2	6,5	74,6	11,4	13,3	0,7	0,0	25,4
	6	698184	9188628,34	0,0	0,0	0,0	0,0	85,3	11,0	3,7	0,0	100,0
	7	699201	9189128,36	48,8	0,0	0,0	48,8	35,2	6,2	2,4	7,4	51,2
	8	700178,59	9189304,25	10,7	0,0	89,3	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cluster II (Tipe Permukiman Menengah)	1	696150,65	9188816,42	0,0	2,2	12,9	15,1	51,1	29,8	0,0	4,1	84,9
	2	695904,58	9189013,17	0,0	0,0	36,7	36,7	18,7	33,2	11,4	0,0	63,3
	3	695592,95	9189034,58	3	0,0	87,0	90,0	10,0	0,0	0,0	0,0	10,0
	4	695843,08	9188533,24	0,0	0,0	14,7	14,7	63,7	21,6	0,0	0,0	85,3
	5	699097,29	9188396,74	0,0	37,0	6,3	43,2	47,1	9,7	0,0	0,0	56,8
	6	699024,63	9188478,4	0,0	17,8	9,7	27,4	44,1	28,4	0,0	0,0	72,6
	7	700156,57	9188845,96	11,1	11,9	12,3	35,4	34,8	21,3	8,5	0,0	64,6
	8	700030,4	9188728,37	0,0	0,0	11,6	11,6	61,3	21,4	5,6	0,0	88,4
Cluster III (Tipe Permukiman Mewah)	1	697110,71	9189147,46	49,0	1,0	20,5	70,5	0,0	29,5	0,0	0,0	29,5
	2	697098,13	9188690,88	21,3	0,0	22,1	43,4	7,5	49,0	0,0	0,0	56,6
	3	697405,83	9188700,05	2,4	0,0	8,7	11,1	53,2	35,8	0,0	0,0	88,9
	4	697199,21	9188423,93	0,0	0,0	25,4	25,4	31,9	42,6	0,0	0,0	74,6
	5	698482,19	9187983,76	65,5	4,8	0,0	70,3	7,3	22,4	0,0	0,0	29,7

Lokasi	Titik	Posisi		Proporsi RTH (%)				Penggunaan Lahan (%)				
		X	Y	Semak	Perdu	Pohon	RTH	Permu kiman	Jalan	Tanah Kosong	Badan Air	Lahan non RTH
	6	699958,54	9188903,41	0,0	3,8	0,0	3,8	42,5	11,3	0,0	42,5	96,2
	7	696544,83	9189182,37	11,1	0,0	19,9	30,9	26,2	30,5	0,0	12,4	69,1
	8	699593,16	9188704,75	13,2	0,0	5,0	18,2	41,8	40,0	0,0	0,0	81,8
Rata - rata				12,6	4,1	20,2	36,9	35,6	21,0	3,8	2,8	63,1

*Sumber: Hasil Perhitungan*

#### 4.4 Laju Konsentrasi Karbondioksida (CO<sub>2</sub>)

Nilai laju konsentrasi CO<sub>2</sub> adalah perubahan konsentrasi selama satu rentang waktu tertentu. Menurut Muzayana (2016) persamaan K adalah sebagai berikut:

$$K = \Delta C / \Delta t \dots \dots \dots (17)$$

$\Delta C$  adalah perubahan konsentrasi selama satu periode waktu ( $\Delta t$ ). Laju konsentrasi (K) bernilai positif jika terjadi peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> dan bernilai negatif jika terjadi penurunan konsentrasi CO<sub>2</sub>. Apabila nilai K adalah 0 maka jumlah reduksi sama dengan emisi yang dikeluarkan.

Contoh cara menghitung nilai reduksi CO<sub>2</sub> di *Cluster I* titik 1 Kecamatan Gunung Anyar hari Senin, 25 Maret 2019 disajikan pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Cara Menghitung Nilai Reduksi KCO<sub>2</sub> Senin, 25 Maret 2019 di Titik 1 *Cluster I* Kawasan Permukiman Sederhana

Jam	Konsentrasi CO <sub>2</sub>	t	$\Delta C$	$\Delta t$	$\Delta C / \Delta t$
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	344	0	0	0	0
09.00	308	180	-35,80	180	-0,1989
12.00	250	360	-94,10	360	-0,5228
15.00	256	540	-87,40	540	-0,4856
18.00	311	720	-32,70	720	-0,1817

$$\Delta t \quad 180$$

$$f(t_0) \quad 0$$

$$f(t_n) \quad -0,1817$$

$$\sum_{i=n}^{n-1} f(c_i) \quad -1,3889$$

$$\Delta t / 2 \quad 90$$

$$2 \times \sum 1 \text{ sp } n \quad -2,77778$$

$$f(t_0) + f(t_n) + 2 \times \sum 1 \text{ sp } n \quad -2,9594$$

$$\mathbf{KCO_2} \quad \mathbf{-266,4}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, K bertanda negatif (-) yang berarti terjadi reduksi CO<sub>2</sub>. Nilai K pada tabel di atas, bernilai -266,4 ppm atau terjadi reduksi sebesar 266,4 ppm. Perhitungan

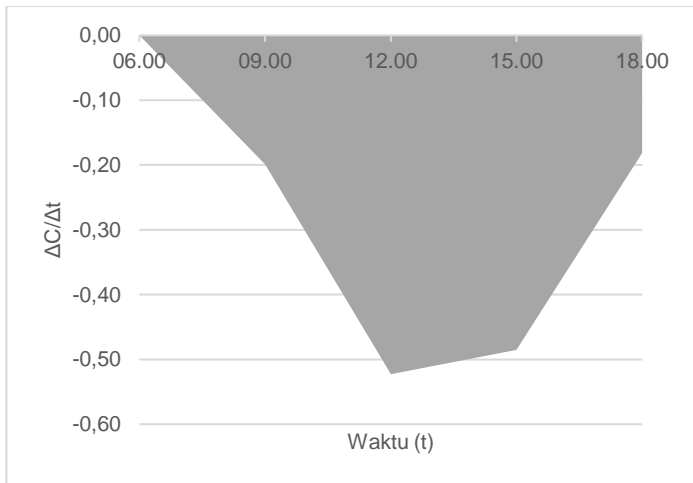
nilai reduksi ( $KCO_2$ ) dengan cara yang sama juga dilakukan ke-24 titik lokasi dari hari Senin – Minggu, dapat dilihat pada Lampiran 5.

Data hasil perhitungan laju digunakan untuk menghitung nilai kumulatif konsentrasi  $CO_2$  udara ambien (Net- $CO_2$ -Con). Menurut Santoso dan Mangkoedihardjo (2012), nilai kumulatif dalam waktu 24 jam ditentukan dari integrasi terhadap waktu (t) dengan persamaan :

$$\text{Net-}CO_2\text{-Con} = \int K \cdot dt \dots\dots\dots (18)$$

Berdasarkan persamaan tersebut langkah perhitungan untuk menghitung nilai kumulatif adalah dengan deferensiasi konsentrasi  $CO_2$  terhadap waktu ( $\Delta C / \Delta t$ ) sehingga didapatkan nilai laju perubahan konsentrasi  $CO_2$ . Kurva nilai kumulatif konsentrasi  $CO_2$  menjelaskan bahwa massa tiap volume udara ambien ( $\Delta m / \Delta v$ ) atau kumulatif konsentrasi setara dengan luasan antara kurva  $K=f(t)$  dengan garis  $K=0$ .

Setelah didapatkan hasil dari perhitungan nilai reduksi  $KCO_2$  selanjutnya data diplotkan ke dalam grafik seperti yang disajikan pada Gambar 4.10 sehingga dapat dihitung luasan kurva bertanda positif (+) dan negatif (-).



Gambar 4.10 Nilai kumulatif  $CO_2$  pada Lokasi 1 Cluster I Senin, 25 Maret 2019

Menurut Santoso (2012), nilai  $KCO_2$  didapatkan dari perhitungan luas kurva laju perubahan konsentrasi  $CO_2$ , luas kurva setara dengan nilai  $KCO_2$  total. Dari kurva tersebut juga dapat diketahui bagaimana pola reduksi  $CO_2$ . Jika nilai  $CO_2$  bertanda (+), artinya reduksi  $CO_2$  lebih kecil dari emisi  $CO_2$  sedangkan jika bertanda negatif (-), artinya reduksi  $CO_2$  lebih besar dari emisi  $CO_2$ . Dan jika nilai  $CO_2$  bernilai nol artinya proses emisi  $CO_2$  maupun reduksi udara ambien berjalan seimbang. Berdasarkan grafik di atas dapat disimpulkan pada titik 1 *cluster* I memiliki nilai  $KCO_2$  sebesar **-266,4 ppm** dan bertanda (-) yang menandakan pada lokasi tersebut terjadi reduksi sebesar **-266,4 ppm** pada hari Senin, 25 Maret 2019 dari pukul 06.00-18.00. Nilai net  $CO_2$  data seri waktu ke 24 lokasi secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Dari 24 unit analisis nilai reduksi ( $Net\_CO_2$ ) tertinggi terjadi pada *cluster* I (tipe permukiman sederhana) pada titik 1 yang memiliki proporsi RTH sebesar 100% memiliki nilai rata – rata reduksi tertinggi sebesar **-374 ppm**. Sedangkan serapan terendah terjadi pada *cluster* II titik 8 sebesar **-161,6 ppm** dengan proporsi RTH sebesar 11,6%. Sesuai dengan penelitian Shan *et al.* (2011), bahwa semakin luas proporsi vegetasi yang dimiliki suatu area maka semakin besar pula serapan emisi  $CO_2$ . Berdasarkan Tabel 4.8, hasil pola laju konsentrasi menunjukkan seluruh titik memiliki nilai  $Net\_CO_2$  bertanda negatif, hal ini menunjukkan bahwa di 24 lokasi unit analisis Kecamatan Gunung Anyar tersebut terjadi proses reduksi  $CO_2$  lebih besar dari emisi  $CO_2$  udara ambien. Sesuai fungsi RTH yaitu mampu menyerap emisi  $CO_2$  secara alami yang dihasilkan dari segala aktivitas yang terjadi di perkotaan. Selain itu, secara ekologis menjamin keberlanjutan suatu wilayah kota secara fisik, antara lain sebagai perlindungan sumberdaya alam, penyangga kehidupan manusia dan untuk membangun ekosistem (Adiastari, 2011).

Dari hasil rata – rata nilai reduksi per *cluster*, menunjukkan terjadi perbedaan pada masing – masing kategori (*cluster*) dimana *cluster* I memiliki rata – rata nilai reduksi lebih tinggi dibandingkan pada *cluster* II. Sedangkan *cluster* III memiliki nilai reduksi paling

rendah. Hal ini dikarenakan pada tipe permukiman sederhana (*cluster I*) merupakan kawasan dominan vegetasi dan tidak padat. Sedangkan pada kawasan permukiman mewah (*cluster III*), ketersediaan vegetasi cenderung lebih sedikit karena penggunaan lahan terbangun selain untuk bangunan permukiman juga digunakan untuk kegiatan komersial. Di atas itu, emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan masing – masing tipe hunian di Kota Surabaya juga berbeda. Menurut Maulana dan Setiawan (2014), tipe hunian dan emisi CO<sub>2</sub> memiliki hubungan positif, yang artinya semakin luas hunian maka semakin banyak emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari suatu tipe hunian. Tipe hunian mewah menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> yang paling besar dibandingkan dengan tipe hunian menengah dan sederhana. Emisi ini dihasilkan dari aktifitas rumah tangga berupa konsumsi listrik dan bahan bakar. Produksi emisi CO<sub>2</sub> yang tidak diimbangi dengan keberadaan vegetasi akan menyebabkan konsentrasi CO<sub>2</sub> sekitar tinggi. Menurut Escobedo dan Nowak (2009), akibat perbedaan spasial dari eksistensi ruang terbuka hijau akan mengakibatkan serapan CO<sub>2</sub> oleh ruang terbuka hijau (*greenspace*) tidak sama. Serapan CO<sub>2</sub> oleh ruang terbuka hijau terpengaruh oleh lokasi (spasial).

Dapat disimpulkan, kepadatan luasan terbangun mengakibatkan nilai emisi gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan semakin meningkat. Sementara ketersediaan vegetasi juga mempengaruhi kemampuan reduksi. Untuk itu perlunya keseimbangan antara proporsi ruang terbangun dan ruang terbuka pada suatu kawasan (Suryaningsih *et al.*, 2015). Selain itu, perencanaan secara tepat juga mampu meningkatkan kualitas dan kuantitas RTH di kawasan tersebut.



Tabel 4.8 Nilai Reduksi CO<sub>2</sub> (Net\_CO<sub>2</sub>) Data Seri Waktu

Lokasi	Titik	Posisi		Net_CO <sub>2</sub>							Rata - rata	Rata - Rata per Cluster
		X	Y	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu		
Cluster I (Tipe Permukiman Sederhana)	1	695226,95	9188744,55	-266,4	-266,6	-282,8	-191,1	-235,6	-109,8	-372,6	-246,4	-265,2
	2	696222,64	9188296,28	-230,9	-228,5	-248,9	-243,2	-190,2	-153,8	-254,7	-221,4	
	3	696541,14	9188279,62	-235,8	-256,3	-53,8	-197,0	-194,4	-248,5	-366,0	-221,6	
	4	696719,98	9188493,52	-254,4	-230,1	-232,1	-161,5	-208,9	-222,8	-323,2	-233,3	
	5	698385,27	9188741,26	-163,6	-352,1	-182,4	-532,0	-344,3	-397,6	-278,9	-321,5	
	6	698184,00	9188628,34	-166,3	-267,2	-5,6	-151,9	-212,3	-299,4	-363,9	-209,5	
	7	699201,00	9189128,36	-282,9	-263,3	-218,8	-284,1	-435,5	-410,2	-159,7	-293,5	
	8	700178,59	9189304,25	-407,0	-382,0	-381,9	-330,1	-444,6	-296,2	-376,5	-374,0	
Cluster II (Tipe Permukiman Menengah)	1	696150,65	9188816,42	-265,3	-268,3	-197,2	-186,5	-196,3	-187,4	-474,8	-253,7	-263,1
	2	695904,58	9189013,17	-229,1	-226,3	-251,2	-235,0	-171,2	-206,5	-659,4	-282,6	
	3	695592,95	9189034,58	-329,6	-425,9	-460,3	-259,8	-198,6	-210,7	-378,0	-323,3	
	4	695843,08	9188533,24	-343,0	-208,6	-257,6	-19,3	-5,0	-333,4	-464,5	-233,0	
	5	699097,29	9188396,74	-263,4	-406,8	-225,5	-243,1	-368,2	-265,6	-308,6	-297,3	
	6	699024,63	9188478,40	-159,6	-431,0	-143,5	-173,4	-446,5	-263,7	-299,6	-273,9	
	7	700156,57	9188845,96	-380,6	-285,2	-253,1	-156,7	-352,3	-388,7	-137,8	-279,2	
	8	700030,40	9188728,37	-55,2	-120,4	-150,8	-62,9	-279,7	-291,0	-171,5	-161,6	
Cluster III (Tipe Permukiman Mewah)	1	697110,71	9189147,46	-370,4	-326,6	-270,2	-292,4	-273,3	-283,1	-334,0	-307,1	-237,5
	2	697098,13	9188690,88	-151,1	-278,7	-148,1	-112,0	-394,3	-562,9	-248,3	-270,7	
	3	697405,83	9188700,05	-99,3	-236,9	-169,0	-213,2	-194,6	-237,7	-160,2	-187,2	
	4	697199,21	9188423,93	-155,2	-107,0	-77,6	-119,9	-305,2	-357,9	-241,7	-194,9	
	5	698482,19	9187983,76	-153,4	-178,4	-243,3	-207,8	-519,1	-447,5	-393,1	-306,1	
	6	699958,54	9188903,41	-101,4	-189,5	-172,4	-50,6	-312,5	-320,3	-147,9	-184,9	
	7	696544,83	9189182,37	-189,8	-296,3	-199,0	-283,8	-202,0	-184,2	-458,9	-259,1	
	8	699593,16	9188704,75	-322,7	-195,6	1,8	-11,5	-410,0	-216,7	-172,9	-189,6	

## 4.5 Uji Signifikansi

Korelasi bermanfaat untuk mengukur kekuatan hubungan antara dua variabel atau lebih. Variabel yang diuji yang bersifat kuantitatif. Uji korelasi akan menggabungkan dua variabel yakni variabel terikat dan variabel bebas (Junaidi, 2014).

Sedangkan regresi berguna untuk mengetahui ketergantungan satu variabel *dependen* (terikat) dengan satu atau lebih variabel *independen* (variabel penjelas/bebas), dengan tujuan untuk mengestimasi dan/atau memprediksi rata-rata populasi atau nilai rata-rata variabel *dependen* berdasarkan nilai variabel *independen* yang diketahui (Santiyasa, 2016).

Tahap ini dilakukan ketika seluruh data selesai di proses. Tujuan dilakukan pengujian ini untuk mengetahui bagaimana pengaruh unsur ruang (RTH dan non RTH) terhadap laju kumulatif CO<sub>2</sub>. Selanjutnya akan dibandingkan manakah faktor unsur ruang yang berpengaruh terhadap KCO<sub>2</sub>. Proses ini menggunakan fitur pada *Microsoft Excel 2013*.

### 4.5.1 Proporsi RTH Terhadap KCO<sub>2</sub>

Eksistensi Ruang Terbuka Hijau (RTH) merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap tinggi rendahnya konsentrasi CO<sub>2</sub>. Semakin banyaknya vegetasi maka semakin tinggi pula konsentrasi CO<sub>2</sub> yang dapat diserap (Herlina, 2017). Pada perhitungan nilai kolerasi akan didapatkan nilai  $r_{hitung}$  yang akan dibandingkan dengan  $r_{tabel}$ . Jika nilai  $r_{hitung} > r_{tabel}$  maka nilai proporsi RTH terhadap reduksi CO<sub>2</sub> signifikan, sebagai contoh pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Uji Korelasi Proporsi RTH terhadap nilai KCO<sub>2</sub>

	RTH	KCO <sub>2</sub>
RTH	1	-
KCO <sub>2</sub>	0,8748527	1

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil korelasi pada Tabel 4.9 menunjukkan hasil yang negatif (-). Hal ini berarti adanya korelasi negatif dimana proporsi RTH berbanding terbalik dengan nilai KCO<sub>2</sub>. Sehingga apabila

proporsi RTH semakin tinggi maka mengakibatkan nilai KCO<sub>2</sub> semakin rendah atau kecil (mendekati minus) yang artinya terjadi reduksi CO<sub>2</sub> yang semakin besar.

Untuk mengetahui apakah nilai korelasi signifikan (berpengaruh) atau tidak, maka perlu dibandingkan dengan  $r_{tabel}$  dengan tingkat signifikansi 5% ( $\alpha = 0,05$ ), db (derajat bebas) = 2. Jumlah data yang digunakan adalah 24 data. Contoh cara menghitung  $r_{tabel}$  adalah sebagai berikut:

➤ Rumus  $r_{tabel}$  adalah  $r = \frac{t}{\sqrt{df+t^2}}$

Dimana:

$r$  = Nilai  $r_{tabel}$

$t$  = Nilai  $t_{tabel}$

df = Derajat bebas

➤ Mengitung  $t_{tabel}$  menggunakan formulasi pada Microsoft excel, yaitu =TINV( $\alpha$ ;(n)), sehingga didapatkan:

nilai  $t_{tabel} = TINV(0,05;24) = 2,063898562$

➤ Dicari nilai df = n – db = 24 - 2 = 22

• Hitung dengan rumus  $r_{tabel}$  yaitu:  $r = \frac{t}{\sqrt{df+t^2}} = 0,404386322$

Nilai tersebut menunjukkan bahwa  $r_{hitung} > r_{tabel}$  (0,875 > 0,404) sehingga secara nyata proporsi RTH signifikan terhadap KCO<sub>2</sub> sebesar 87,5%. Dapat diartikan bahwa hipotesis yang diuji dapat diterima dan persamaan model dinyatakan tepat.

Langkah selanjutnya yaitu mencari nilai regresi. Model regresi merupakan suatu cara formal untuk mengetahui hubungan pengaruh satu arah antara variabel terikat (Y) dan variabel bebas (X). Pada analisis regresi akan didapatkan hasil  $t_{hitung}$ ,  $t_{hitung}$  akan di bandingkan dengan nilai  $t_{tabel}$ . Nilai  $t_{tabel}$  didapatkan melalui perhitungan stastistik berdasarkan besar alpha ( $\alpha$ ). Pada penelitian ini nilai  $\alpha$  sebesar 5% atau 0,05. Nilai regresi dikatakan signifikan apabila nilai  $t_{hitung} > t_{tabel}$ . Contoh regresi persentase ruang terhadap KCO<sub>2</sub> atau reduksi CO<sub>2</sub> dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut:

Tabel 4.10 Uji Regresi Proporsi RTH terhadap KCO<sub>2</sub>

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,874852704
R Square	0,765367254
Adjusted R Square	0,754702129
Standard Error	26,37997649
Observations	24

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	49940,48343	49940,48	71,76355	2,25289E-08
Residual	22	15309,86951	695,9032		
Total	23	65250,35294			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	-192,2138047	9,18336607	-20,9306	5,14E-16	-211,2589403	-173,1686692	-211,25894	-173,168669
RTH	-170,8151151	20,16389053	-8,47134	2,25E-08	-212,6324646	-128,9977656	-212,632465	-128,997766

Keterangan:

$F_{hitung} > F_{tabel}$  (berpengaruh)

$t_{hitung} > t_{tabel}$  (berpengaruh)

$df = 1, (n - 1) = (24-1) = 23$

Output tersebut menunjukkan bahwa:

$R^2$  (R square) = 0,765367254

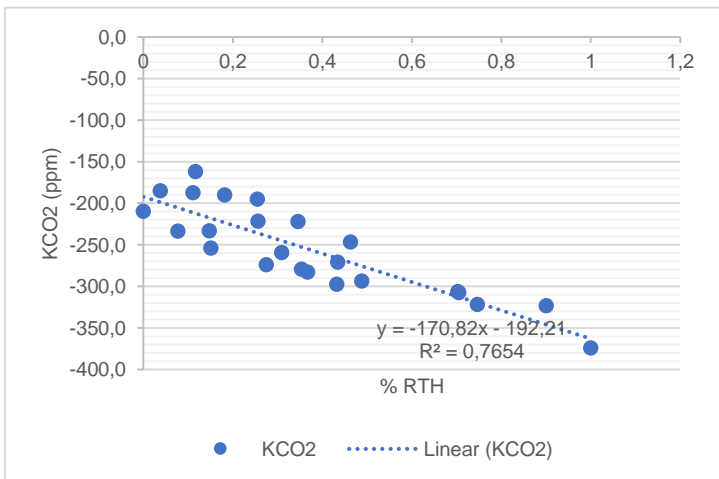
$t_{hitung}$  = -8,47134

Signifikansi t = 2,25289E-08

a = -192,2138047

b ( $\beta$ ) = -170,8151151

Hasil uji regresi menunjukkan bahwa proporsi RTH berpengaruh signifikan (bermakna) terhadap reduksi CO<sub>2</sub> (KCO<sub>2</sub>) dan model dapat diterima. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *P-value* dari hasil uji regresi sebesar  $2,25 \times 10^{-8}$  atau lebih kecil dari  $\alpha$  (0,05). Nilai tingkat varian ( $R^2$ ) sebesar 0,765. Artinya pengaruh RTH terhadap KCO<sub>2</sub> secara parsial sebesar 76,5% selebihnya merupakan pengaruh variabel atau faktor lain.  $R^2$  ini menyatakan keeratan /korelasi atau seberapa besar kemampuan model dalam menerangkan variasi variabel dependen, semakin mendekati 1 nilai korelasi semakin kuat.



Gambar 4.11 Grafik Hubungan Nilai Kumulatif CO<sub>2</sub> dan Proporsi RTH

Dari perhitungan tersebut dapat dibuat persamaan regresi KCO<sub>2</sub> terhadap persentase RTH sebagai berikut:

$$Y = a + bx$$

$$Y = -192,214 - 170,815x$$

$$\text{Net\_CO}_2 = -192,214 - 170,815 \%RTH$$

Persamaan regresi tersebut memiliki arti:

- Y = variabel terikat (dependen) dalam hal ini adalah nilai KCO<sub>2</sub>. Persamaan Y bermakna bahwa Y fungsi X.
- X = variabel bebas (independent) dalam hal ini adalah proporsi RTH.
- a = nilai *intercept* (titik potong kurva terhadap sumbu Y). Nilai -192,2138 merupakan *intercept*. Definisi secara statistika yaitu nilai rata-rata pada variabel Y apabila nilai variabel X bernilai 0. Dengan kata lain, apabila X tidak memberikan kontribusi, maka secara rata-rata, variabel Y akan bernilai sebesar intersep. Dalam hal ini *intercept* mengartikan bahwa pada nilai x = 0, maka nilai KCO<sub>2</sub> sebesar -192,2138 ppm.
- b = kemiringan (*slope*) kurva linear. Nilai *slope* dapat pula diartikan sebagai rata-rata pertambahan (atau pengurangan) yang terjadi pada variabel Y untuk setiap peningkatan satu satuan variabel X. Nilai -170,815 disebut sebagai *slope* yang merupakan koefisien regresi untuk variabel bebas (X) dan menentukan arah regresi linier. Karena nilai *slope* (-) maka menunjukkan hubungan yang negatif (berbanding terbalik). Artinya, setiap penambahan 1% luasan proporsi RTH akan terjadi penurunan konsentrasi CO<sub>2</sub> sebesar 170,815 ppmv. Semakin besar nilai negatif menandakan semakin besarnya kemampuan RTH dalam menurunkan konsentrasi CO<sub>2</sub>. Adanya penambahan proporsi luasan RTH berpengaruh terhadap penurunan CO<sub>2</sub> udara ambien yang semakin besar.

#### 4.5.2 Proporsi Luasan Pemukiman Terhadap KCO<sub>2</sub>

Tabel 4.11 Uji Korelasi Proporsi Permukiman terhadap nilai KCO<sub>2</sub>

	Permukiman	KCO <sub>2</sub>
Permukiman	1	
KCO <sub>2</sub>	0,729561561	1

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil uji korelasi di atas menunjukkan proporsi permukiman berkorelasi positif terhadap KCO<sub>2</sub> sebesar 0,73. Hal ini menunjukkan adanya perbandingan lurus antara proporsi luasan permukiman terhadap KCO<sub>2</sub>. Apabila proporsi permukiman semakin tinggi atau meningkat maka mengakibatkan nilai KCO<sub>2</sub> tinggi (mendekati positif) yang artinya nilai reduksi CO<sub>2</sub> rendah.

Untuk mengetahui apakah nilai korelasi signifikan (berpengaruh), data dibandingkan dengan perlu dibandingkan dengan  $r_{tabel}$  dengan tingkat signifikansi 5% ( $\alpha = 0,05$ ), db (derajat bebas) = 2. Jumlah data konsentrasi presentase permukiman adalah 24 data. Maka  $Df = 24 - 2 = 22$ , yang artinya kita lihat pada  $r_{tabel} = 22$  dengan signifikansi 5% yaitu sebesar 0,404. Nilai tersebut menunjukkan bahwa  $r_{hitung} > r_{tabel}$  ( $0,73 > 0,404$ ) sehingga secara nyata proporsi permukiman signifikan terhadap reduksi CO<sub>2</sub> (KCO<sub>2</sub>). Dapat diartikan bahwa hipotesis yang diuji dapat diterima dan persamaan model dinyatakan tepat.

Selanjutnya dilakukan uji regresi yang ditampilkan pada Tabel 4.12 berikut.

Tabel 4.12 Uji Regresi Proporsi Lahan Permukiman terhadap KCO<sub>2</sub>

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0,729561561							
R Square	0,532260071							
Adjusted R Square	0,510999165							
Standard Error	37,2462295							
Observations	24							

<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	34730,15747	34730,16	25,03468	5,22437E-05			
Residual	22	30520,19547	1387,282					
Total	23	65250,35294						

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	-318,279314	14,71674608	-21,627	2,58E-16	348,7999778	287,7586511	348,7999778	-287,758651
Lahan Permukiman	177,125026	35,40045669	5,003467	5,22E-05	103,7089719	250,5410793	103,7089719	250,5410793



Keterangan:

$F_{hitung} > F_{tabel}$  (berpengaruh)

$t_{hitung} > t_{tabel}$  (berpengaruh)

$df = 1, (n - 1) = (24 - 1) = 23$

Output tersebut menunjukkan bahwa:

$R^2$  (R square) = 0,532260

$t_{hitung}$  = 5,003467

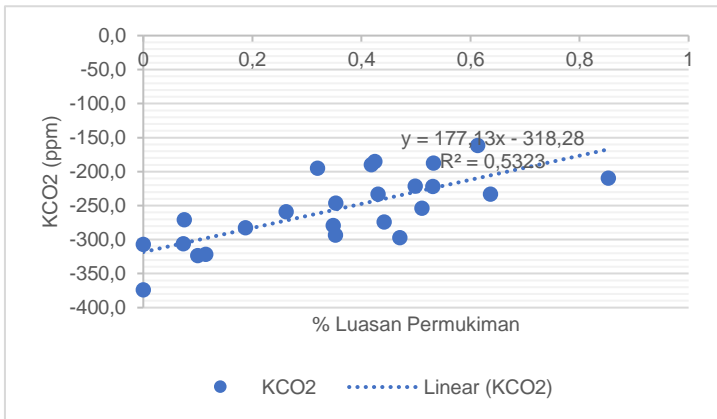
Signifikansi t = 5,22E-05

a = 318,279

b ( $\beta$ ) = 177,125

Hasil uji regresi menunjukkan bahwa proporsi lahan permukiman berpengaruh signifikan terhadap  $KCO_2$  dan model dapat diterima. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *P-value* dari hasil uji regresi di atas sebesar  $5,22 \times 10^{-5}$  atau lebih kecil dari  $\alpha$  (0,05).

Nilai  $R^2$  (tingkat varian) sebesar 0,53. Artinya, pengaruh luasan permukiman terhadap  $KCO_2$  secara parsial sebesar 53% selebihnya merupakan variabel atau faktor lain.



Gambar 4.12 Hubungan Nilai Kumulatif  $CO_2$  dan Proporsi Luasan Permukiman

Dari perhitungan tersebut dapat dibuat persamaan regresi konsentrasi  $KCO_2$  terhadap persentase sebagai berikut:

$$Y = a + bx$$
$$Y = -318,279 + 177,125x$$

$$\text{Net\_CO}_2 = -318,279 + 177,125 \text{ \%Permukiman}$$

Dari persamaan regresi tersebut dapat dijelaskan bahwa:

- a) Y = variabel terikat (dependen) dalam hal ini adalah nilai KCO<sub>2</sub>. Persamaan Y bermakna bahwa Y fungsi X.
- b) X = variabel bebas (independent) dalam hal ini adalah proporsi luasan permukiman.
- c) a = nilai *intercept* (titik potong kurva terhadap sumbu Y). Nilai -318,279 merupakan *intercept*. Definisi secara statistika yaitu nilai rata-rata pada variabel Y apabila nilai variabel X bernilai 0. Dengan kata lain, apabila X tidak memberikan kontribusi, maka secara rata-rata, variabel Y akan bernilai sebesar intersep. Dalam hal ini *intercept* mengartikan bahwa pada nilai x = 0, maka nilai KCO<sub>2</sub> sebesar -318,279 ppm.
- d) b = kemiringan (*slope*) kurva linear. Nilai *slope* dapat pula diartikan sebagai rata-rata pertambahan (atau pengurangan) yang terjadi pada variabel Y untuk setiap peningkatan satu satuan variabel X. Nilai 177,125 disebut sebagai *slope* yang merupakan koefisien regresi untuk variabel bebas (X) dan menentukan arah regresi linier. Karena nilai *slope* (+) maka menunjukkan hubungan berbanding lurus. Artinya, setiap penambahan 1% luasan proporsi luasan permukiman akan terjadi penambahan konsentrasi CO<sub>2</sub> sebesar 177,125 ppmv. Semakin besar nilai positif menunjukkan semakin besarnya penambahan konsentrasi CO<sub>2</sub> yang dapat terjadi. Dengan adanya penambahan proporsi luasan permukiman akan berpengaruh terhadap peningkatan emisi CO<sub>2</sub> udara yang semakin besar.

#### 4.5.3 Proporsi Jalan/Tanah Terhadap KCO<sub>2</sub>

Tanah berkaitan erat dengan sistem atmosfer/iklim melalui siklus karbon, nitrogen, dan hidrologi. Tanah dapat berfungsi sebagai *sink* atau sumber CO<sub>2</sub>. Tanah tercemar didominasi oleh emisi CO<sub>2</sub>. Tanah sebagai *sinker*, apabila tingkat karbon (C) dalam tanah meningkat karena menyerap C dari atmosfer (Brevik, 2013). Tanah juga dapat bertindak sebagai penyumbang CO<sub>2</sub>. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi produksi dan emisi CO<sub>2</sub> dari tanah. Faktor tersebut antara lain tekstur, kelembaban, pH dan

salinitas yang mempengaruhi produksi CO<sub>2</sub> melalui pengaruhnya terhadap aktivitas mikroba tanah dan respirasi akar. Selain itu, faktor eksternal (efek musiman dan tekanan atmosfer) serta kondisi lingkungan tanah seperti aplikasi irigasi dan pupuk juga memiliki pengaruh pada produksi dan emisi CO<sub>2</sub> (Rastogi *et al.*, 2002).

Tabel 4.13 Uji Korelasi Proporsi Jalan/Tanah terhadap nilai KCO<sub>2</sub>

	Jalan/Tanah	KCO <sub>2</sub>
Jalan/Tanah	1	
KCO <sub>2</sub>	0,4	1

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil uji korelasi di atas menunjukkan proporsi jalan/tanah berkorelasi positif terhadap KCO<sub>2</sub> sebesar 0,4. Hal ini menunjukkan adanya perbandingan lurus antara proporsi jalan/tanah dan KCO<sub>2</sub>. Apabila proporsi jalan/tanah semakin tinggi atau meningkat maka mengakibatkan nilai KCO<sub>2</sub> tinggi (mendekati positif) yang artinya nilai reduksi CO<sub>2</sub> rendah.

Untuk mengetahui apakah nilai korelasi signifikan (berpengaruh), data dibandingkan dengan perlu dibandingkan dengan  $r_{tabel}$  dengan tingkat signifikansi 5% ( $\alpha = 0,05$ ), db (derajat bebas) = 2. Jumlah data konsentrasi presentase permukiman adalah 24 data. Maka  $Df = 24 - 2 = 22$ , yang artinya kita lihat pada  $r_{tabel} = 22$  dengan signifikansi 5% yaitu sebesar 0,404. Nilai tersebut menunjukkan bahwa  $r_{hitung} = r_{tabel}$  ( $0,4 = 0,4$ ) sehingga secara nyata proporsi jalan/tanah signifikan terhadap KCO<sub>2</sub>. Dapat diartikan bahwa hipotesis yang diuji dapat diterima dan persamaan model dinyatakan tepat.

Selanjutnya dilakukan uji regresi yang ditampilkan pada Tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.14 Uji Regresi Proporsi Jalan/Tanah terhadap KCO<sub>2</sub>

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,397707706
R Square	0,158171419
Adjusted R Square	0,119906484
Standard Error	49,96799521
Observations	24

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	10320,74094	10320,74094	4,133586	0,054279628
Residual	22	54929,612	2496,800545		
Total	23	65250,35294			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	-291,8898626	20,71543901	-14,0904502	1,72E-12	-334,851054	248,9286716	-334,8510537	248,9286716
Jalan/Tanah	148,1191974	72,85306655	2,033122344	0,054	-2,9688152	299,2072101	-2,968815201	299,2072101

Keterangan:

$F_{hitung} > F_{tabel}$  (berpengaruh)

$t_{hitung} > t_{tabel}$  (berpengaruh)

$df = 1, (n - 1) = (24 - 1) = 23$

Output tersebut menunjukkan bahwa:

$R^2$  (R square) = 0,1582

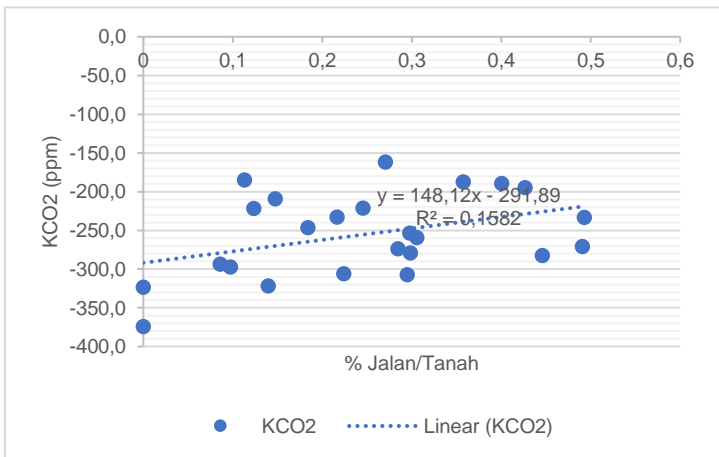
$t_{hitung}$  = 2,033122

Signifikansi t = 0,05

a = -291,889

b ( $\beta$ ) = 148,119

Hasil uji regresi menunjukkan bahwa proporsi jalan/tanah berpengaruh signifikan terhadap KCO<sub>2</sub>. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *P-value* dari hasil uji regresi di atas sebesar 0,05 atau sama dengan  $\alpha$  (0,05). Nilai tingkat varian ( $R^2$ ) sebesar 0,158. Artinya, pengaruh luasan permukiman terhadap KCO<sub>2</sub> secara parsial sebesar 15,8% selebihnya merupakan variabel atau faktor lain.



Gambar 4.13 Hubungan Nilai Kumulatif CO<sub>2</sub> dan Proporsi Jalan/ Tanah

Dari nilai tersebut dapat dibuat persamaan regresi konsentrasi KCO<sub>2</sub> terhadap persentase sebagai berikut:

$$Y = a + bx$$

$$Y = - 291,889 + 148,119x$$

$$\text{Net\_CO}_2 = - 291,889 + 148,119 \% \text{Jalan/Tanah}$$

Dari persamaan regresi tersebut dapat dijelaskan bahwa:

- a) Y = variabel terikat (dependen) dalam hal ini adalah nilai KCO<sub>2</sub>. Persamaan Y bermakna bahwa Y fungsi X.
- b) X = variabel bebas (independent) dalam hal ini adalah proporsi jalan/tanah.
- c) a = nilai *intercept* (titik potong kurva terhadap sumbu Y). Nilai -291,889 merupakan *intercept*. Definisi secara statistika yaitu nilai rata-rata pada variabel Y apabila nilai variabel X bernilai 0. Dengan kata lain, apabila X tidak memberikan kontribusi, maka secara rata-rata, variabel Y akan bernilai sebesar intersep. Dalam hal ini *intercept* mengartikan bahwa pada nilai x = 0, maka nilai KCO<sub>2</sub> sebesar -291,889 ppm.
- d) b = kemiringan (*slope*) kurva linear. Nilai *slope* dapat pula diartikan sebagai rata-rata pertambahan (atau pengurangan) yang terjadi pada variabel Y untuk setiap peningkatan satu satuan variabel X. Nilai 148,119 disebut sebagai *slope* yang merupakan koefisien regresi untuk variabel bebas (X) dan menentukan arah regresi linier. Karena nilai *slope* (+) maka menunjukkan hubungan berbanding lurus. Artinya, setiap penambahan 1% luasan proporsi luasan jalan/tanah akan terjadi penambahan konsentrasi CO<sub>2</sub> sebesar 148,119 ppmv. Semakin besar nilai positif menunjukkan semakin besarnya penambahan konsentrasi CO<sub>2</sub> yang dapat terjadi. Dengan adanya penambahan proporsi jalan/tanah akan berpengaruh terhadap peningkatan emisi CO<sub>2</sub> udara yang semakin besar.

#### 4.5.4 Proporsi Badan Air Terhadap KCO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub> atmosferik masuk ke laut atau badan air melalui proses difusi yang bergantung pada kecepatan angin dan perbedaan tekanan parsial CO<sub>2</sub> udara laut atau perairan.

Karbondioksida yang terdapat di atmosfer mengalami difusi secara langsung ke dalam air. Sumber kedua adalah air hujan. Air hujan jatuh ke permukaan bumi secara teoritis memiliki kandungan CO<sub>2</sub> sebesar 0,55-0,60 mg L<sup>-1</sup>, berasal dari CO<sub>2</sub> yang terdapat di atmosfer. Sumber ketiga adalah air yang melewati tanah organik. Tanah organik yang mengalami dekomposisi

mengandung relatif banyak CO<sub>2</sub> sebagai hasil proses dekomposisi. CO<sub>2</sub> hasil dekomposisi ini akan larut ke dalam air. Sumber keempat adalah respirasi tumbuhan, hewan dan bakteri aerob maupun anaerob. Respirasi tumbuhan dan hewan mengeluarkan CO<sub>2</sub>. Dekomposisi bahan organik pada kondisi aerob menghasilkan CO<sub>2</sub> sebagai salah satu produk akhir (Effendi, 2003).

Tabel 4.15 Uji Korelasi Proporsi Badan Air terhadap nilai KCO<sub>2</sub>

	<i>Badan Air</i>	<i>KCO<sub>2</sub></i>
Badan Air	1	
KCO <sub>2</sub>	0,2425763	1

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil uji korelasi di atas, pengaruh proporsi badan air terhadap KCO<sub>2</sub> di atas menunjukkan nilai 0,24 atau berkorelasi positif. Hal ini menunjukkan adanya perbandingan lurus antara proporsi badan air dan KCO<sub>2</sub>. Apabila proporsi badan air semakin tinggi atau meningkat maka mengakibatkan nilai KCO<sub>2</sub> tinggi pula yang artinya reduksi CO<sub>2</sub> rendah.

Untuk mengetahui apakah nilai korelasi signifikan (berpengaruh), data dibandingkan dengan perlu dibandingkan dengan  $r_{tabel}$  dengan tingkat signifikansi 5% ( $\alpha = 0,05$ ), db (derajat bebas) = 2. Jumlah data konsentrasi presentase permukiman adalah 24 data. Maka  $Df = 24 - 2 = 22$ , yang artinya kita lihat pada  $r_{tabel} = 22$  dengan signifikansi 5% yaitu sebesar 0,404. Nilai tersebut menunjukkan bahwa  $r_{hitung} < r_{tabel}$  ( $0,24 < 0,404$ ) sehingga secara nyata proporsi badan air tidak signifikan terhadap KCO<sub>2</sub> atau reduksi CO<sub>2</sub>.

Langkah selanjutnya yaitu mencari nilai regresi. Nilai regresi dikatakan signifikan apabila nilai  $t_{hitung} > t_{tabel}$ . Contoh regresi badan air terhadap KCO<sub>2</sub> atau reduksi CO<sub>2</sub> dapat dilihat pada Tabel 4.16 berikut:

Tabel 4.16 Uji Regresi Proporsi Badan Air terhadap KCO<sub>2</sub>

SUMMARY  
OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,2425763
R Square	0,058843261
Adjusted R Square	0,016063409
Standard Error	52,8337054
Observations	24

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	3839,543562	3839,543562	1,375490068	0,253413739
Residual	22	61410,80937	2791,400426		
Total	23	65250,35294			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	-259,219371	11,30788758	-22,9237662	7,55751E-17	-282,6704944	-235,7682474	-282,6704944	-235,7682474
Badan Air	144,2887442	123,0279321	1,172812887	0,253413739	-110,8555707	399,4330591	-110,8555707	399,4330591



Keterangan:

$F_{hitung} > F_{tabel}$  (berpengaruh)

$t_{hitung} > t_{tabel}$  (berpengaruh)

$df = 1, (n - 1) = (24-1) = 23$

Output tersebut menunjukkan bahwa:

$R^2$  (R square) = 0,0588

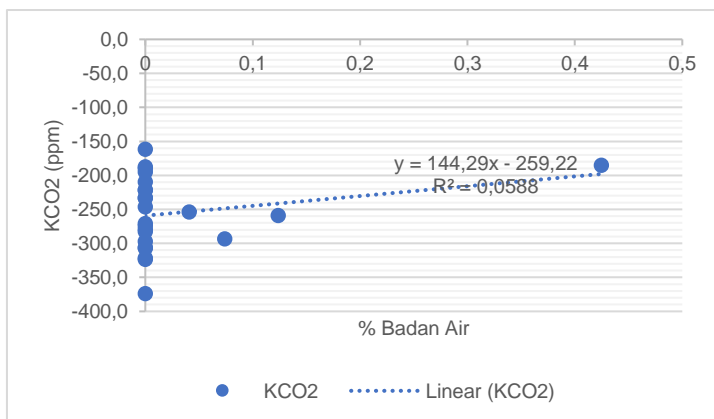
$t_{hitung}$  = 1,172813

Signifikansi t = 0,25341

a = -259,219

b ( $\beta$ ) = 144,289

Hasil uji regresi pengaruh proporsi badan air terhadap KCO<sub>2</sub> menunjukkan bahwa proporsi badan air tidak berpengaruh signifikan terhadap KCO<sub>2</sub>. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *P-value* dari hasil uji regresi di atas sebesar 0,2534 atau lebih besar dari  $\alpha$  (0,05). Pada penelitian ini tidak signifikan diartikan bahwa proporsi badan air pada Kecamatan Gunung Anyar berpengaruh terhadap KCO<sub>2</sub>. Nilai tingkat varian ( $R^2$ ) sebesar 0,059. Artinya, pengaruh proporsi luasan badan air terhadap KCO<sub>2</sub> secara parsial sebesar 5,9% selebihnya merupakan variabel atau faktor lain.



Gambar 4.14 Hubungan Nilai Kumulatif CO<sub>2</sub> dan Proporsi Badan Air

Dari nilai tersebut dapat dibuat persamaan regresi konsentrasi KCO<sub>2</sub> terhadap persentase sebagai berikut:

$$Y = a + bx$$

$$Y = -259,219 + 144,289x$$

$$\text{Net\_CO}_2 = -259,219 + 144,289 \text{ \%Badan Air}$$

Dari persamaan regresi tersebut dapat dijelaskan bahwa:

- a) Y = variabel terikat (dependen) dalam hal ini adalah nilai KCO<sub>2</sub>. Persamaan Y bermakna bahwa Y fungsi X.
- b) X = variabel bebas (independent) dalam hal ini adalah proporsi badan air.
- c) a = nilai *intercept* (titik potong kurva terhadap sumbu Y). Nilai -259,219 merupakan *intercept*. Definisi secara statistika yaitu nilai rata-rata pada variabel Y apabila nilai variabel X bernilai 0. Dengan kata lain, apabila X tidak memberikan kontribusi, maka secara rata-rata, variabel Y akan bernilai sebesar intersep. Dalam hal ini *intercept* mengartikan bahwa pada nilai x = 0, maka nilai KCO<sub>2</sub> sebesar -259,219 ppm.
- d) b = kemiringan (*slope*) kurva linear. Nilai *slope* dapat pula diartikan sebagai rata-rata pertambahan (atau pengurangan) yang terjadi pada variabel Y untuk setiap peningkatan satu satuan variabel X. Nilai 144,289 disebut sebagai *slope* yang merupakan koefisien regresi untuk variabel bebas (X) dan menentukan arah regresi linier. Karena nilai *slope* (+) maka menunjukkan hubungan berbanding lurus. Artinya, setiap penambahan 1% luasan proporsi luasan badan air akan terjadi penambahan konsentrasi CO<sub>2</sub> sebesar 144,289 ppmv. Semakin besar nilai positif menunjukkan semakin besarnya penambahan konsentrasi CO<sub>2</sub> yang dapat terjadi. Dengan adanya penambahan proporsi badan air akan berpengaruh terhadap peningkatan emisi CO<sub>2</sub> udara yang semakin besar.

#### 4.5.5 Pengaplikasian Model Persamaan

Berdasarkan hasil uji korelasi dan regresi di atas, dari empat variabel yang diuji regresinya dengan KCO<sub>2</sub>, proporsi luasan RTH, luasan permukiman dan jalan/tanah yang berpengaruh signifikan terhadap KCO<sub>2</sub>. Hal ini dibuktikan dengan nilai P-value faktor proporsi RTH dan luasan permukiman sebesar  $2,253 \times 10^{-8}$  dan  $5,224 \times 10^{-5}$  (<0,05) sedangkan faktor badan air

tidak berpengaruh signifikan terhadap CO<sub>2</sub> dimana memiliki nilai P-value sebesar 0,05 dan 0,253 (>0,05). Hal ini menandakan bahwa tidak semua unsur ruang pada Kecamatan Gunung Anyar berpengaruh signifikan terhadap KCO<sub>2</sub>.

Tabel 4.17 Tingkat Signifikansi Proporsi Unsur Ruang terhadap KCO<sub>2</sub>

Faktor	P-Value	Koefisien	Keterangan
RTH	2,25289E-08	-170,815	Signifikan
Luasan Permukiman	5,22437E-05	177,125	Signifikan
Jalan/Tanah	0,05	148,119	Signifikan
Badan Air	0,25	144,289	Tidak signifikan

Hasil analisis di atas menunjukkan:

1. **Variabel proporsi RTH**, memiliki korelasi negatif dan berpengaruh signifikan. Hal ini sejalan dengan penelitian Syamdermawan (2012), bahwa hasil korelasi antara luasan RTH dengan kadar polutan memiliki nilai negatif, yang menandakan hubungan korelasi antara luasan RTH berkebalikan dengan kadar polutan. Apabila terjadi peningkatan RTH maka konsentrasi CO<sub>2</sub> akan menurun karena terjadi serapan.
2. **Variabel proporsi luasan lahan permukiman**, memiliki korelasi positif dan berpengaruh signifikan. Sesuai dengan penelitian Suryaningsih *et al.* (2015), tingkat kepadatan penduduk yang tinggi mengakibatkan emisi gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan semakin meningkat karena aktifitas rumah tangga. Seiring meningkatnya luasan permukiman tentunya membuat konsentrasi CO<sub>2</sub> meningkat sedangkan luasan RTH berkurang. Perubahan luasan RTH berdampak pada penyebaran emisi sehingga penyerapan CO<sub>2</sub> rendah.
3. **Variabel proporsi jalan/tanah**, memiliki korelasi positif dan berpengaruh signifikan. Hal ini sejalan dengan penelitian Pasaribu dan Tangahu (2015), dimana transportasi turut andil dalam

kontribusi CO<sub>2</sub>. Semakin tinggi jumlah kendaraan maka semakin tinggi pula tingkat beban emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan. Apabila ketersediaan RTH median jalan sebagai penyerap emisi CO<sub>2</sub> kurang, maka kemampuan serapan rendah. Berdasarkan penelitian Rastogi *et al.* (2002), tanah dapat berfungsi sebagai *sink* atau *emittor* CO<sub>2</sub>. Tanah organik yang mengalami dekomposisi mengandung relatif banyak CO<sub>2</sub> sebagai hasil proses dekomposisi. CO<sub>2</sub> dilepaskan dari tanah melalui respirasi tanah, yang meliputi tiga proses biologis, yaitu respirasi mikroba, respirasi akar dan respirasi hewan terutama di permukaan tanah. CO<sub>2</sub> timbul sebagai akibat dari penguraian bahan organik. Dalam konteks ini, tanah menunjukkan korelasi positif sehingga tanah di Kecamatan Gunung Anyar bertindak sebagai *emittor* CO<sub>2</sub>.

4. **Variabel proporsi badan air**, secara kualitatif memiliki korelasi positif. Apabila proporsi badan air bertambah maka akan menambah emisi CO<sub>2</sub>. Berdasarkan kondisi yang ada di lapangan, perairan atau badan air yang ada di Kecamatan Gunung Anyar adalah berupa sungai dan laut (pesisir). Sungai ini terletak di tengah jalan utama. Sehingga jumlah vegetasi di sepanjang sempadan sungai minim. Karakteristik fisik sungai yang ada di Kecamatan Gunung Anyar yaitu memiliki air yang keruh, berwarna coklat, dan bau. Pada dinding tepi sungai terdapat effluent saluran – saluran air limbah rumah tangga yang menandakan sungai tersebut berfungsi untuk menerima limbah rumah tangga dari kawasan permukiman. Hal ini sejalan dengan penelitian Cai *et al.* (2006) bahwa tidak semua perairan laut dan sungai merupakan sumber CO<sub>2</sub>. Badan air dapat bertindak sebagai penyerap (*sinker*) maupun penghasil CO<sub>2</sub> (*emittor*). Menurut Schnoor *et al.* (1996), pada badan air yang bervegetasi dan terdapat fitoplankton dapat menyerap CO<sub>2</sub> sebagai reservoir CO<sub>2</sub>. Namun, pada badan air yang telah tercemar akan terjadi proses dekomposisi sehingga mengeluarkan CO<sub>2</sub>. Selain sungai, perairan yang ada di Kecamatan Gunung Anyar adalah laut (pesisir). Perairan pesisir di daerah temperatur dan lintang tinggi berperan sebagai *sink* (penyerap) CO<sub>2</sub> dari atmosfer, sedangkan perairan pesisir di daerah subtropis dan tropis umumnya berperan sebagai sumber CO<sub>2</sub> ke atmosfer (Borges, 2005). Borges *et al.* (2005) menyatakan, laut secara ilmiah menyerap CO<sub>2</sub> udara ambien. Pada malam hari laut dingin, sehingga lebih banyak asam bikarbonat dibentuk dan

CO<sub>2</sub> akan terlarut ke air laut. Secara eksplisit menyatakan bahwa perairan pesisir tropis, terutama pada wilayah pertemuan darat – laut, termasuk estuari dan mangrove, zona ini berperan sebagai pelepas (*source*) CO<sub>2</sub> yang kuat ke atmosfer, dikarenakan input karbon organik dari daratan yang memicu kondisi heterotropik (Chen *et al.*, 2009). Bersifat autotrofik karena banyak pasokan nutrisi dari darat maupun dari proses upwelling (Nasprianto *et al.*, 2016).

Posisi laut Indonesia yang berada di daerah tropis memiliki indikasi kuat sebagai *emittor* CO<sub>2</sub> karena temperatur permukaan laut tinggi, sehingga tekanan parsial CO<sub>2</sub> di permukaan laut lebih tinggi daripada di atmosfer. Hal ini menjadikan perairan tropis sebagai *emittor* CO<sub>2</sub>. Sebaliknya, di lintang menengah dan tinggi temperatur permukaan laut rendah, sehingga tekanan parsial CO<sub>2</sub> di permukaan laut lebih rendah daripada di atmosfer. Besar pertukaran CO<sub>2</sub> udara–laut di perairan pesisir juga sangat tergantung pada jenis ekosistem di perairan pesisir (Borges *et al.*, 2005). Konsentrasi nutrisi dan klorofil-a yang tinggi mengindikasikan potensi penyerapan CO<sub>2</sub> oleh fitoplankton yang juga tinggi dalam proses fotosintesis. Air permukaan dapat menjadi *net* autotrofik jika CO<sub>2</sub> lebih banyak dikonsumsi untuk produksi biologis (Chen *et al.*, 2008). Perairan di sekitar ekosistem padang lamun dan terumbu karang bisa berperan sebagai penyerap CO<sub>2</sub>. Ekosistem bakau dan estuari mempunyai tekanan parsial CO<sub>2</sub> kolom air yang tinggi sehingga berperan sebagai pelepas CO<sub>2</sub> ke atmosfer (Afdal, 2016).

Namun, secara statistik proporsi badan air tidak signifikan karena variabel/faktor ini kurang dominan di kawasan Kecamatan Gunung Anyar, yang dominan adalah faktor lain. Hal ini terjadi karena badan air hanya diwakili 4 titik. Menurut Telussa (2013), tidak adanya hubungan atau perbedaan signifikan pada data yang diuji dapat disebabkan oleh ukuran sampel kecil. Semakin besar ukuran sampel yang digunakan maka semakin kecil nilai kritis yang dapat dipakai sebagai acuan. Penyebab lainnya adalah multikolinieritas dimana antar eror memiliki hubungan yang erat dalam menjelaskan varian di dalam data. Akibatnya varian untuk variabel dependen tidak kebagian apa – apa sehingga hasil analisis tidak signifikan. Selain itu variabel yang memiliki varian nol (berisi nilai yang sama) dapat menyebabkan data tidak signifikan.

Berdasarkan hasil analisis regresi tersebut, menghasilkan suatu model persamaan linier yang terdiri dari variabel atau faktor – faktor yang digunakan dalam analisis regresi. Persamaan tersebut yaitu:

- Proporsi RTH,  $\text{Net\_CO}_2 = -192,214 - 170,815 \% \text{RTH}$
- Proporsi luasan permukiman,  $\text{Net\_CO}_2 = -318,279 + 177,125 \% \text{permukiman}$
- Proporsi jalan/tanah,  $\text{Net\_CO}_2 = -291,889 + 148,119 \% \text{jalan/tanah}$
- Proporsi Badan air,  $\text{Net\_CO}_2 = -259,219 + 144,289 \% \text{badan air}$

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa RTH sebagai reduktor CO<sub>2</sub> berkorelasi negatif dan signifikan terhadap KCO<sub>2</sub>. Persamaan tersebut berlaku dengan kriteria seperti:

- a) Konsentrasi CO<sub>2</sub> udara ambien pada rentang 202 – 339 ppm.
- b) Temperatur udara pada rentang 25 – 40,1 °C.
- c) Kecepatan angin berada pada rentang 0,01 – 4,96 m/s.

Ruang terbuka hijau (RTH) berkorelasi negatif terhadap KCO<sub>2</sub> yang bermakna bahwa saat proporsi RTH meningkat maka KCO<sub>2</sub> akan menurun (reduksi besar). Berdasarkan hasil pengukuran, kualitas udara di Kecamatan Gunung Anyar tergolong bersih dan pada seluruh unit analisis terjadi reduksi yang lebih besar dari pada emisi. Manfaat dari persamaan model tersebut dapat digunakan untuk pertimbangan ulang dalam penetapan proporsi RTH pada suatu kawasan. Dari hasil nilai Net\_CO<sub>2</sub> yang didapat maka dapat dilakukan monitoring secara berkala terhadap kualitas konsentrasi CO<sub>2</sub> udara ambien agar didapatkan proporsi RTH yang terukur, terhitung dan nyata sehingga dapat meningkatkan reduksi. Pengaplikasian dari model di atas dapat dilakukan dengan menggunakan 2 metode, yaitu:

#### **A. Penerapan Model dari Konsentrasi CO<sub>2</sub> Ambien**

Pengaplikasian model penetapan RTH untuk menentukan kebutuhan luasan RTH yang efektif dalam mereduksi CO<sub>2</sub> udara ambien sebagai dasar perencanaan proporsi RTH kawasan permukiman. Asumsi data yang akan digunakan untuk mereduksi CO<sub>2</sub> adalah konsentrasi CO<sub>2</sub> rata – rata udara ambien hasil pengukuran selama 7 hari.

- Konsentrasi CO<sub>2</sub> rata – rata = 254 ppm.
- Luasan kawasan permukiman = 5,56 km<sup>2</sup> = 556 ha

- Ketinggian pengukuran = 2 m

Berikut contoh cara perhitungan penentuan luasan RTH:

$$Y = -170,815x - 192,214$$

$$254 = -170,815x - 192,214$$

$$446,214 = -170,815x$$

$$X = 2,6 \% \times 556 \text{ ha}$$

$$\text{RTH} = 14,5 \text{ ha}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, untuk daerah yang menghasilkan CO<sub>2</sub> sebesar 254 ppmv selama 12 jam dibutuhkan proporsi luasan RTH seluas 2,6 % dari luas wilayah atau sebesar 14,5 ha. Sehingga RTH sebesar 2,6% cukup untuk mereduksi emisi CO<sub>2</sub>.

## B. Penerapan Model dengan Pendekatan Kebutuhan O<sub>2</sub>

Selain dengan metode perhitungan berdasarkan konsentrasi CO<sub>2</sub> udara ambien juga dapat dilakukan dengan pendekatan perhitungan kebutuhan O<sub>2</sub>. Berikut merupakan contoh perhitungan luasan RTH. Diketahui suatu wilayah yang diasumsikan berbentuk *box*, memiliki:

- Luas = 250000 m<sup>2</sup> = 25 ha (500m x500m)
- Ketinggian = 4 m
- Volume area = 1000.000 m<sup>3</sup>

Pelaksanaan pengukuran konsentrasi diasumsikan berada pada titik tengah *box*. Pengukuran dilaksanakan pada ketinggian 2 meter (zona *roughness layer*) karena pada ketinggian ini udara cenderung stabil karena minimnya kecepatan angin. Menurut penelitian Santoso (2015), semakin tinggi titik pengukuran, konsentrasi CO<sub>2</sub> semakin menurun. Sehingga ketinggian 2 meter dipilih untuk mendapatkan konsentrasi CO<sub>2</sub> yang maksimal.

Pada contoh persamaan model ini, dilakukan perhitungan dengan sumber CO<sub>2</sub> berasal dari aktifitas rumah tangga, manusia dan transportasi saja. Perhitungan CO<sub>2</sub> dapat dilakukan dengan pendekatan perhitungan kebutuhan O<sub>2</sub>. Menurut Lestari dan Jaya (2005) dalam Putra (2012), kebutuhan O<sub>2</sub> manusia per hari adalah 0,864 kg O<sub>2</sub>/hari, bahan bakar rumah tangga kendaraan mobil 11,63 kg O<sub>2</sub>/hari, dan kendaraan motor 0,58 kg O<sub>2</sub>/hari, truk 22,88 kg O<sub>2</sub>/hari, dan bus 45,76 kg O<sub>2</sub>/hari.

- Jumlah penduduk = 350 jiwa

- Jumlah kendaraan = 100 unit (60 motor, 30 mobil, 5 truk, 5 bus)

Sehingga perhitungan total kebutuhan O<sub>2</sub> adalah:

- Kebutuhan O<sub>2</sub> manusia
  - = Jumlah penduduk x kebutuhan O<sub>2</sub> per hari
  - = 350 jiwa x 0,864 kg O<sub>2</sub>/hari
  - = 302,4 kg O<sub>2</sub>/hari = 302,4 x 10<sup>9</sup> µg O<sub>2</sub>/hari
- Kebutuhan O<sub>2</sub> kendaraan motor
  - = 60 unit x 0,58 kg O<sub>2</sub>/hari
  - = 34,8 kg O<sub>2</sub>/hari = 34,8 x 10<sup>9</sup> µg O<sub>2</sub>/hari
- Kebutuhan O<sub>2</sub> kendaraan mobil
  - = 30 unit x 11,63 kg O<sub>2</sub>/hari
  - = 348,9 kg O<sub>2</sub>/hari = 348,9 x 10<sup>9</sup> µg O<sub>2</sub> / hari
- Kebutuhan O<sub>2</sub> kendaraan truk
  - = 5 unit x 22,88 kg O<sub>2</sub>/hari
  - = 114,4 kg O<sub>2</sub>/hari = 114,4 x 10<sup>9</sup> µg O<sub>2</sub> / hari
- Kebutuhan O<sub>2</sub> kendaraan bus
  - = 5 unit x 45,76 kg O<sub>2</sub>/hari
  - = 228,8 kg O<sub>2</sub>/hari = 228,8 x 10<sup>9</sup> µg O<sub>2</sub> / hari
- Kebutuhan O<sub>2</sub> total = kebutuhan O<sub>2</sub> manusia + O<sub>2</sub> kendaraan
  - = (302,4+34,8+ 348,9 +114,4+ 228,8)x10<sup>9</sup> µg O<sub>2</sub>/hari
  - = 1029,3 x 10<sup>9</sup> µg O<sub>2</sub> / hari

Berikut perhitungan konversi µg/m<sup>3</sup> menjadi ppmv menurut (Kamal, 2015):

- µg/m<sup>3</sup> = ppmx1000x[(P×M)/(R×T)]
- Keterangan:
- P: tekanan udara (1 atm)
  - M: Berat molekul/senyawa
  - R: Konstanta gas universal (0.0821)
  - T: Temperatur absolut (°K)
- ppmv =  $\frac{[(\mu\text{g} / \text{m}^3) \times 10^{-3}]: [(P \times \text{BM CO}_2)/(\text{R} \times \text{T}) ]}{\frac{[(1029,3 \times 10^9)/(\text{100} \times 10^4 \text{ m}^3)]}{(1 \times 32)/(\text{0,0821} \times 298)}}$
  - = 788 ppmv

Kebutuhan O<sub>2</sub> sama dengan jumlah CO<sub>2</sub> yang dihasilkan karena persamaan reaksi yang setara, sehingga untuk mereduksi



konsentrasi CO<sub>2</sub> total yang dikeluarkan dalam satu hari sebesar 788 ppmv/hari menggunakan RTH, dibutuhkan luasan:

$$\text{Net\_CO}_2 = -170,815 \% \text{RTH} - 192,2138$$

$$788 = -170,815X - 192,2138$$

$$980,2 = -170,815X$$

$$\text{RTH} = 5,7 \%$$

$$\text{RTH} = 0,057 \times 25 \text{ ha} = 1,425 \text{ ha}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, untuk daerah yang menghasilkan CO<sub>2</sub> sebesar 788 ppmv selama 12 jam dibutuhkan proporsi luasan RTH seluas 5,7% dari luas wilayah atau sebesar 1,425 ha. Sehingga RTH sebesar 5,7% cukup untuk mereduksi emisi CO<sub>2</sub>.

Metode perhitungan kecukupan RTH dengan menentukan proporsi luasan RTH terlebih dahulu dinilai lebih efisien dan efektif. Kemudian dipilih jenis tumbuhan yang cocok dengan daya serap CO<sub>2</sub> tinggi untuk ditanami pada luasan RTH yang telah terhitung. Cara tersebut dinilai lebih efisien dan aman dibandingkan dengan menentukan jenis tanaman terlebih dahulu. Menurut Dahlan (2008), jenis tanaman yang memiliki daya serap terhadap karbondioksida (CO<sub>2</sub>) yang sangat tinggi adalah beringin (*Ficus benjamina*), kopal (*Trachylobium verrucosum*), pingku (*Dysoxylum excelsum*), kenanga (*Canangium odoratum*), bungur (*Lagerstroemia speciosa*), segawe (*Adenantha pavonina*), selasih (*Cinnamomum parthenoxylon*), mahoni (*Swietenia mahagoni*), matoa (*Pometia pinnata*), kiara payung (*Filicium decipiens*), medang (*Beilschmiedia roxburghiana*), trembesi (*Samanea saman*). Berdasarkan penelitian Nurnovita (2011), jenis vegetasi yang dominan pada kawasan permukiman adalah akasia, mahoni, dan trembesi. Tanaman ini memiliki daya serap sebesar 165 gCO<sub>2</sub>/jam.pohon, 3.112,43 gCO<sub>2</sub>/jam.pohon, dan 3.252,1 gCO<sub>2</sub>/jam.pohon. Akasia banyak ditanam dipinggir jalan kawasan permukiman sebagai peneduh. Pohon ini memiliki daun yang rimbun, tebal, halus, dan tangkai daun pendek. Sedangkan mahoni dan trembesi banyak ditanam di taman sekitar permukiman karena memiliki akar kuat, cabang dan batang kuat, tangkai daun pendek, dan batang besar. Jenis tanaman hendaknya dipilih sesuai dengan peruntukannya. Penyediaan RTH harus memperhatikan fungsi kawasan dan vegetasi. Setiap vegetasi memiliki fungsi dan

manfaat yang berbeda, sehingga fungsi vegetasi sebaiknya disesuaikan dengan fungsi kawasan (Purnomohadi, 2006).

#### 4.6 *Isopleth Mapping*

Peta isopleth merupakan peta statistik yang berfungsi memvisualisasikan data kuantitatif simbol garis isopleth banyak digunakan dalam geografi. Isopleth adalah garis-garis pada peta yang menghubungkan tempat-tempat yang sama nilai indeknya untuk memperlihatkan perbandingan nilai dari sesuatu hal pada daerah yang satu dengan yang lain (Simanungkalit, 2011).

Peta isopleth dibuat menggunakan *ArcGIS 10.3*. Data yang diperlukan dalam pembuatan peta isopleth ini adalah koordinat titik sampling, konsentrasi CO<sub>2</sub> dan nilai hasil Net\_CO<sub>2</sub>\_Con. Titik koordinat masing – masing lokasi dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Data Koordinat UTM, Konsentrasi CO<sub>2</sub>, dan Net\_CO<sub>2</sub>\_Con Rata – Rata

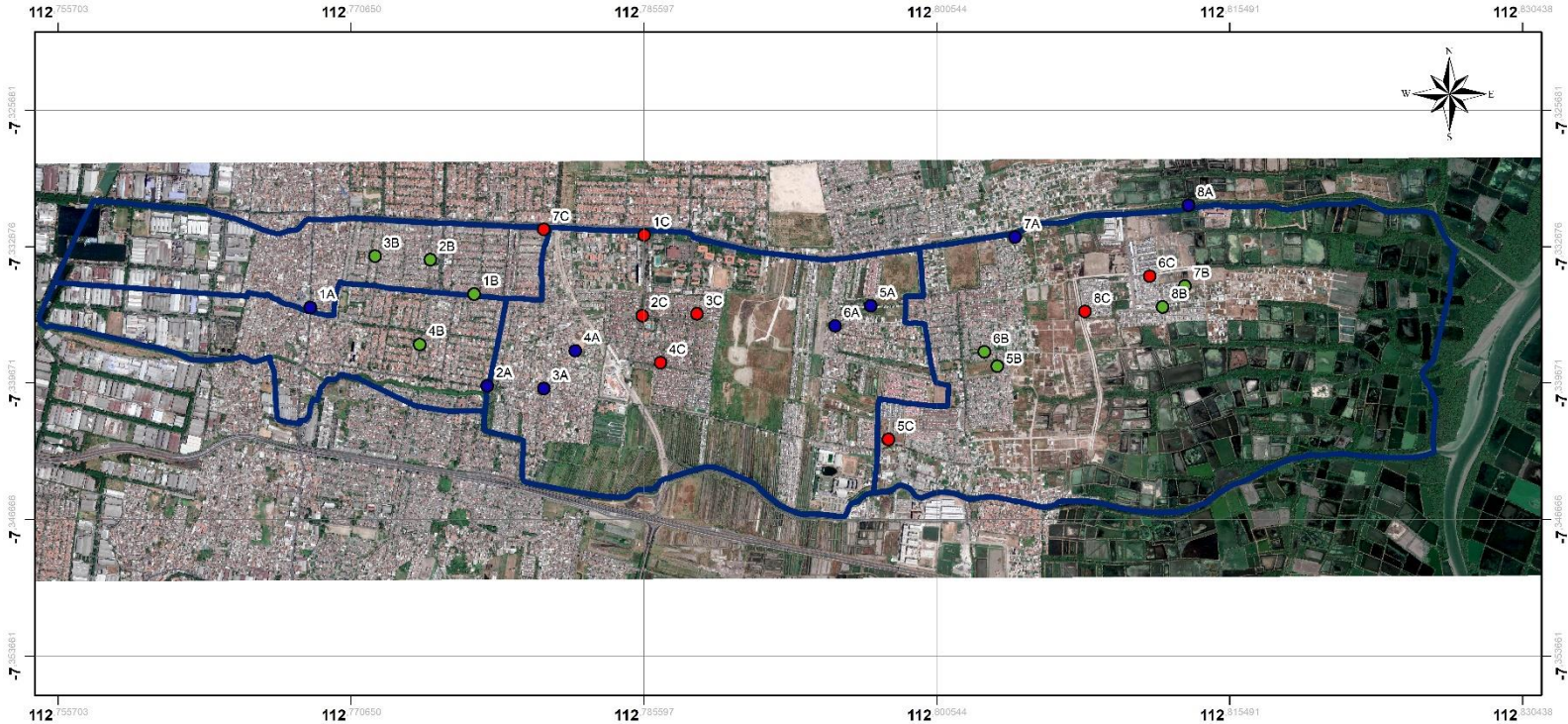
Lokasi	Titik	Posisi		Konsentrasi (ppm)	Net_CO <sub>2</sub>
		X	Y		
Cluster I (Tipe Permukiman Sederhana)	1	695226,95	9188744,55	293	-246,4
	2	696222,64	9188296,28	289	-221,4
	3	696541,14	9188279,62	281	-221,6
	4	696719,98	9188493,52	255	-233,3
	5	698385,27	9188741,26	251	-321,5
	6	698184,00	9188628,34	261	-209,5
	7	699201,00	9189128,36	243	-293,5
	8	700178,59	9189304,25	245	-374,0
Cluster II (Tipe Permukiman Menengah)	1	696150,65	9188816,42	260	-253,7
	2	695904,58	9189013,17	255	-282,6
	3	695592,95	9189034,58	257	-323,3
	4	695843,08	9188533,24	264	-233,0
	5	699097,29	9188396,74	245	-297,3
	6	699024,63	9188478,40	244	-273,9
	7	700156,57	9188845,96	237	-279,2
	8	700030,40	9188728,37	237	-161,6
Cluster III (Tipe)	1	697110,71	9189147,46	251	-307,1
	2	697098,13	9188690,88	247	-270,7
	3	697405,83	9188700,05	248	-187,2

Lokasi	Titik	Posisi		Konsentrasi (ppm)	Net_CO <sub>2</sub>
		X	Y		
Permukiman Mewah)	4	697199,21	9188423,93	252	-194,9
	5	698482,19	9187983,76	247	-306,1
	6	699958,54	9188903,41	237	-184,9
	7	696544,83	9189182,37	253	-259,1
	8	699593,16	9188704,75	239	-189,6

Sumber: Hasil Pengukuran

Peta hasil input koordinat masing- masing lokasi dapat dilihat pada Gambar 4.15.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

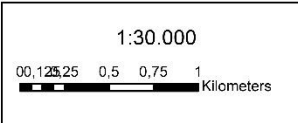


**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019**

**JUDUL PETA**

**SKALA**

**PETA TITIK  
KOORDINAT SAMPLING**



**LEGENDA**

- Titik Pengamatan Cluster I
- Titik Pengamatan Cluster II
- Titik Pengamatan Cluster III
- Batas Kecamatan Gunung Anyar

**WIND ROSE**

**SUMBER : PENGAMATAN LANGSUNG**

Gambar 4.15 Peta Titik Koordinat Sampling

#### 4.6.1 Peta Isopleth Konsentrasi CO<sub>2</sub>

Peta isopleth konsentrasi dapat dilihat pada Gambar 4.16. Dari hasil analisis secara spasial, pada peta menunjukkan bahwa semakin ke arah timur, peta cenderung berwarna hijau yang menandakan nilai rata – rata konsentrasi CO<sub>2</sub> cenderung lebih rendah. Pada sebelah timur ini merupakan area yang belum terbangun sehingga banyak terdapat lahan bervegetasi. Keberadaan permukiman juga jarang (kepadatan rendah) karena dekat dengan pesisir. Kepadatan rendah mengindikasikan sumber emisi CO<sub>2</sub> minim karena rendahnya aktifitas yang ada. Hal tersebut yang menyebabkan konsentrasi CO<sub>2</sub> ke arah timur semakin rendah (Suryaningsih *et al.*, 2015). Sedangkan sebelah barat, peta cenderung berwarna merah yang menandakan konsentrasi CO<sub>2</sub> sangat tinggi hingga melebihi ambang batas kategori udara bersih. Kawasan sebelah barat ini merupakan kawasan terbangun yang didominasi oleh industri dan permukiman dengan kepadatan tinggi. Dapat disimpulkan, konsentrasi CO<sub>2</sub> pada kawasan terbangun cenderung lebih tinggi dari pada kawasan yang belum terbangun, hal ini terjadi karena banyaknya aktivitas manusia dan lingkungan sekitar yang menyebabkan tingginya tingkat pencemaran udara terutama emisi CO<sub>2</sub> pada kawasan terbangun.

Perkembangan kawasan terbangun tentu menjadi penyebab berkurangnya jumlah areal bervegetasi yang bersifat artificial. Perkembangan suatu kawasan memicu aktivitas yang tinggi juga sehingga berpotensi menghasilkan gas CO<sub>2</sub> (Fatimah *et al.*, 2013). Umumnya, sumber utama gas CO<sub>2</sub> dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil yang berkaitan dengan transportasi, energi pada rumah tangga dan bangunan umum, manufaktur, industry, perubahan tutupan lahan dan hutan maupun ekosistem lain. Aktivitas lingkungan sekitar ini yang menjadi sumber CO<sub>2</sub> akan mempengaruhi konsentrasi CO<sub>2</sub> (Velasco dan Roth, 2010; George *et al.*, 2007). Untuk itu konsentrasi gas CO<sub>2</sub> di atmosfer perlu dikendalikan. Pengembangan kota harus memperhatikan keseimbangan antara proporsi luasan lahan alami dan kawasan terbangun.

Persebaran konsentrasi CO<sub>2</sub> juga dipengaruhi oleh faktor meteorologis seperti suhu, kelembaban, intensitas cahaya matahari, dan angin. Dari hasil analisis windrose yang disajikan pada peta, menunjukkan bahwa angin pada Kecamatan Gunung Anyar dominan bergerak ke arah timur sehingga menyebabkan persebaran konsentrasi CO<sub>2</sub> ke arah timur. Semakin tinggi kecepatan angin, menyebabkan konsentrasi CO<sub>2</sub> mengalami penyebaran sehingga konsentrasi CO<sub>2</sub> turun (Magidi, 2013).

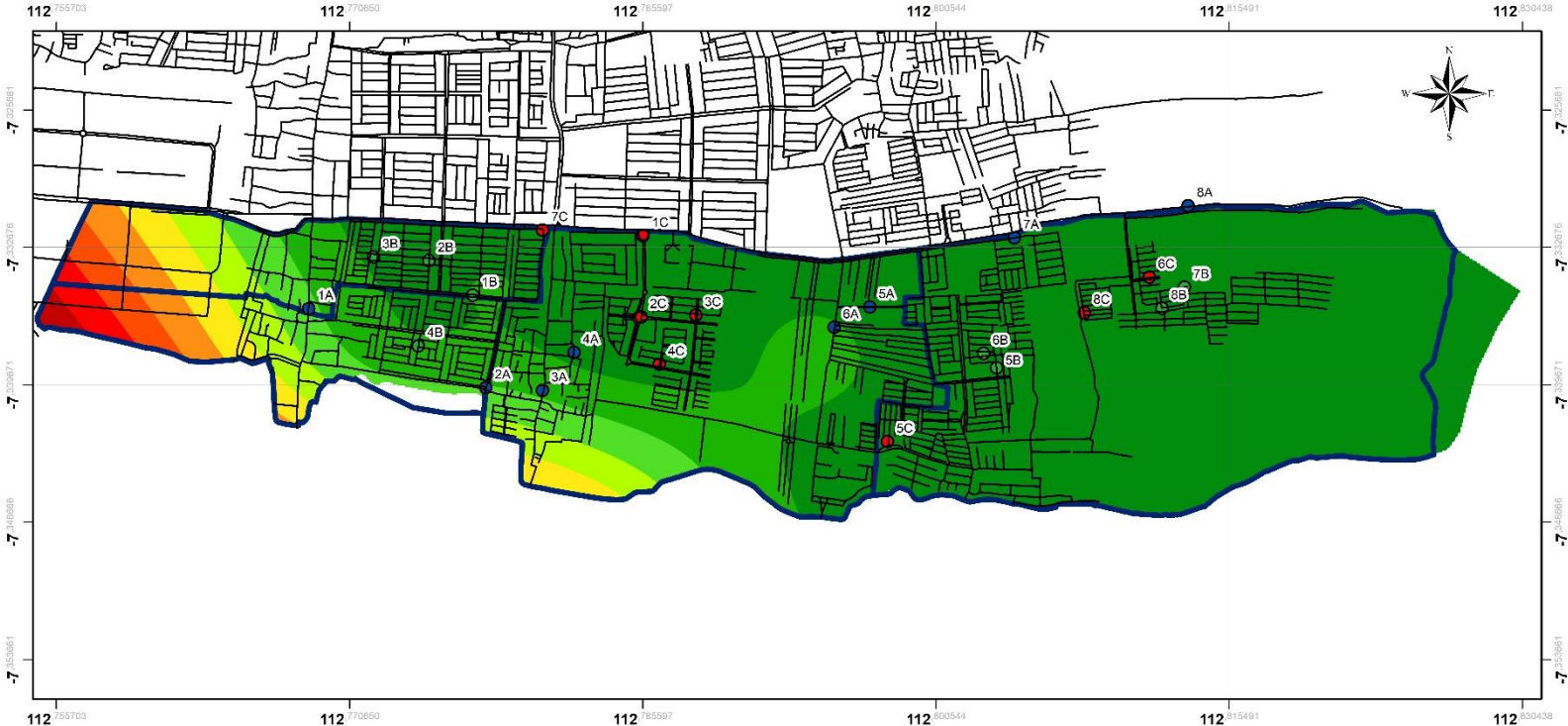
Pada pesisir konsentrasi CO<sub>2</sub> yang lebih tinggi terjadi saat angin darat. Sekitar 70% angin berasal dari laut. Jumlah konsentrasi CO<sub>2</sub> dari laut lebih sedikit daripada dari daratan. Dengan demikian, angin laut membantu mengurangi konsentrasi CO<sub>2</sub> karena angin laut lebih kuat dari angin darat. Efek dari angin kencang adalah konsentrasi CO<sub>2</sub> rendah selama waktu angin laut. Ini yang menyebabkan konsentrasi CO<sub>2</sub> pada daerah pesisir atau lautan rendah (Zakir, 2010).

Air laut mempunyai kemampuan yang lebih besar untuk menyerap CO<sub>2</sub> dari udara dibandingkan dengan air tawar. CO<sub>2</sub> yang berdifusi ke dalam air laut atau yang terbawa oleh air hujan akan bereaksi dengan ion kalsium dan magnesium membentuk garam-garam kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) dan magnesium karbonat (MgCO<sub>3</sub>). Sehingga tinggi rendahnya kadar kalsium dan magnesium sangat mempengaruhi kadar CO<sub>2</sub> dalam air laut. Hal inilah yang menyebabkan air laut mempunyai kemampuan yang lebih besar untuk menyerap CO<sub>2</sub> dibandingkan dengan air tawar. Adanya turbulensi dan gelombang air laut akan turut memperbesar kemampuan air laut untuk menyerap CO<sub>2</sub> dari udara sehingga menyebabkan konsentrasi CO<sub>2</sub> rendah (Zottoli, 1978).

Pada kawasan pesisir kandungan fitoflankton dalam air tambak cukup tinggi sehingga CO<sub>2</sub> digunakan untuk proses fotosintesis. Pada badan air yang banyak fitoplankton dapat menyerap CO<sub>2</sub> namun pada badan air yang telah tercemar akan terjadi proses dekomposisi sehingga mengeluarkan CO<sub>2</sub>. Hal tersebut yang menyebabkan konsentrasi pada bagian timur Kecamatan Gunung Anyar cenderung rendah karena merupakan kawasan pesisir (Afdal, 2011).

Faktor – faktor lain yang berpengaruh terhadap konsentrasi CO<sub>2</sub> adalah peningkatan radiasi matahari yang akan memberikan efek penurunan konsentrasi. Selain itu, peningkatan temperatur juga akan memberikan efek penurunan konsentrasi CO<sub>2</sub>. Sedangkan penurunan kelembaban akan memberikan efek penurunan konsentrasi CO<sub>2</sub> (Contini *et al.*, 2012).





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA  
 2019

JUDUL PETA

PETA ISOPLETH  
 KONSENTRASI CO2

SKALA

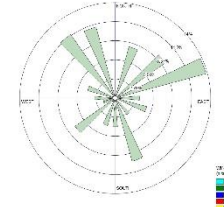
1:30.000



LEGENDA

- 233 - 260 ppm
- 260 - 287 ppm
- 287 - 314 ppm
- 314 - 342 ppm
- 342 - 369 ppm
- 369 - 396 ppm
- 396 - 423 ppm
- 423 - 451 ppm
- 451 - 478 ppm
- Titik Pengamatan Cluster I
- Titik Pengamatan Cluster II
- Titik Pengamatan Cluster III
- Batas Kecamatan Gunung Anyar
- Jalan

WIND ROSE



SUMBER : PENGAMATAN LANGSUNG

Gambar 4.16 Peta Isopleth Konsentrasi CO2

#### 4.6.2 Peta Isopleth Net\_CO<sub>2</sub>

Peta isopleth Net\_CO<sub>2</sub> dapat dilihat pada Gambar 4.17. Dari hasil pemetaan, semua titik memiliki tanda Net\_CO<sub>2</sub> negatif yang menunjukkan terjadi reduksi yang lebih besar daripada emisi. Nilai Net\_CO<sub>2</sub> yang berbeda – beda menunjukkan bahwa setiap lokasi memiliki kemampuan serapan yang berbeda – beda karena ketersediaan RTH yang berbeda pula. Hal ini mempengaruhi kemampuan vegetasi dalam menyerap emisi CO<sub>2</sub> (Mulyadin dan Gusti, 2013). Kemampuan serapan dipengaruhi oleh tata guna lahan atau kondisi fisik suatu wilayah. Lokasi dengan nilai Net\_CO<sub>2</sub> paling tinggi yaitu pada lokasi *cluster I* titik 8 yaitu pada kawasan hutan mangrove sebesar -374 ppmV dengan proporsi RTH sebesar 100%. Kawasan ini merupakan kawasan ekosistem mangrove yang menurut Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2014 termasuk kawasan lindung yang berfungsi sebagai hutan kota sebagai salah satu zona penyerapan CO<sub>2</sub>. Rata – rata kemampuan serapan hutan mangrove di Indonesia sebesar 52, 85 ton CO<sub>2</sub>/ha/tahun (Donato *et al.*, 2011). Pada Kawasan Pamurbaya banyak ditumbuhi vegetasi mangrove species *Avicennia Lanata* dan *Alba*. Menurut Ariani *et al.* (2016), potensi serapan karbon oleh mangrove berdasarkan biomassa dari vegetasi tersebut. Biomassa merupakan gambaran total material organik hasil dari fotosintesis. Makin besar diameter pohon maka semakin besar pula CO<sub>2</sub> yang dapat diserap (biomassa) oleh pohon dari atmosfer. Tumbuhan mangrove tergolong memiliki kemampuan serapan yang tinggi, sehingga dapat disimpulkan kawasan ini masih berfungsi sebagai penyuplai O<sub>2</sub>. Area ini merupakan kawasan pesisir, tinggi rendahnya suhu berpengaruh pada pola regional dan musiman dari transfer CO<sub>2</sub>. Permukaan air yang dingin cenderung lebih mudah menyerap CO<sub>2</sub>, sedangkan permukaan laut yang hangat menyebabkan permukaan laut akan lebih mudah melepaskan gas CO<sub>2</sub> ke atmosfer. Daerah hangat (perairan tropis) dan dingin (perairan kutub) (NOAA, 2007).

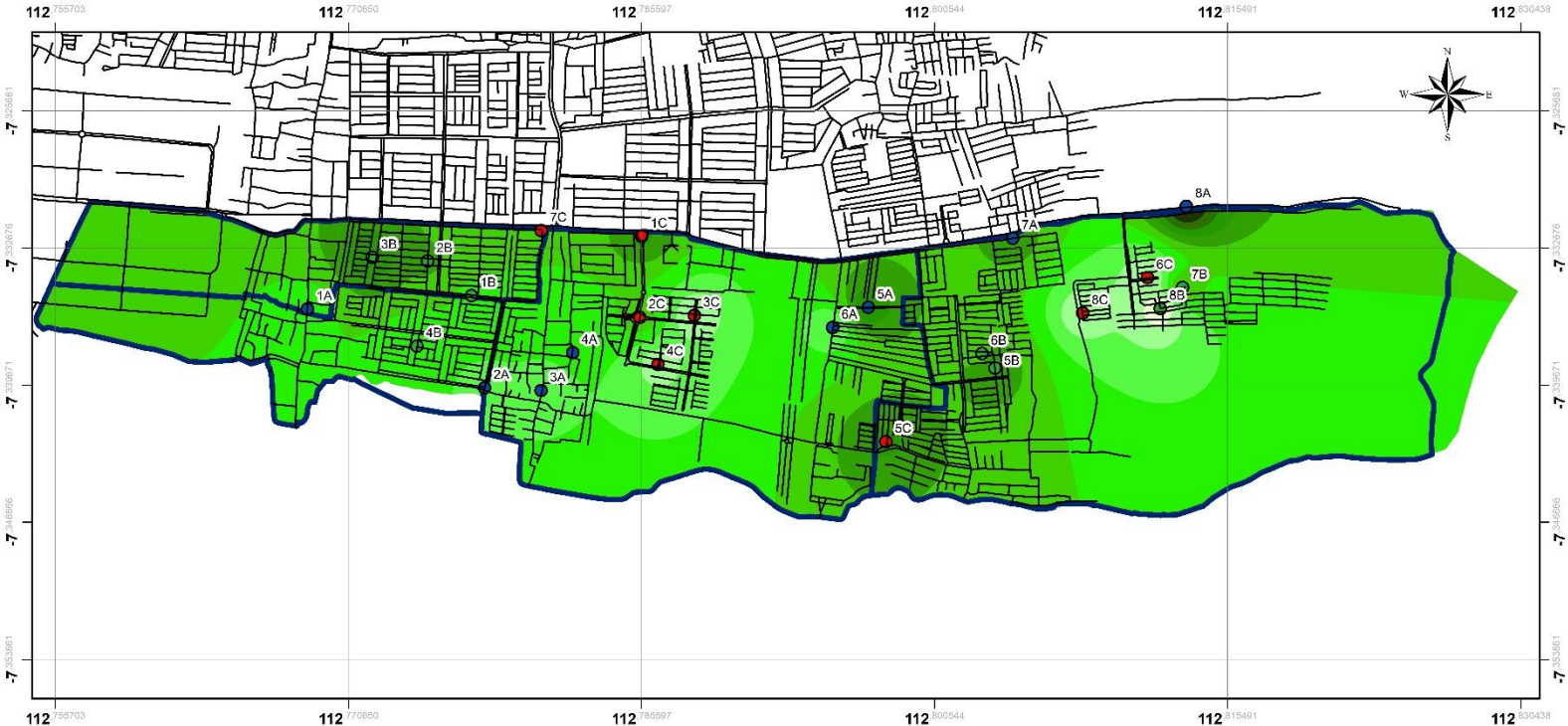
Reduksi CO<sub>2</sub> terbesar pada *cluster II* terjadi di titik 3 sebesar 323,3 ppmV dengan proporsi RTH sebesar 90%. Lokasi ini merupakan sebuah taman yang terletak pada Jalan Rungkut Mapan Barat XI yang dikelilingi oleh beberapa jenis tanaman yaitu beringin dan trembesi. Pohon trembesi memiliki daya serap sangat

tinggi sebesar 28.448,39 kg/pohon/tahun sedangkan beringin sebesar 535,90 kg/pohon/tahun (Rivai *et al.*, 2014). Trembesi terbukti paling banyak menyerap CO<sub>2</sub> dan memiliki kemampuan menyerap air tanah yang kuat sehingga tanaman ini dinilai sebagai tanaman yang efektif untuk penghijauan (Dahlan, 2010).

Sedangkan pada cluster III reduksi CO<sub>2</sub> terbesar terjadi di titik 1 sebesar -307,1 ppmV dengan proporsi RTH sebesar 70,5%. Lokasi ini didominasi oleh semak. Walaupun semak memiliki daya serap CO<sub>2</sub> yang kecil, namun karena jumlah semak banyak mengakibatkan reduksi konsentrasi CO<sub>2</sub> cukup besar.

Hal ini sejalan dengan penelitian Shan *et al.* (2011), bahwa besarnya reduksi dipengaruhi kondisi fisik masing – masing lokasi. Semakin luas proporsi vegetasi yang dimiliki suatu area maka semakin besar pula serapan emisi CO<sub>2</sub>. Hal ini mengindikasikan bahwa bagian timur Kecamatan Gunung Anyar berfungsi sebagai penyerap CO<sub>2</sub> paling tinggi karena dominan vegetasi. Nilai Net\_CO<sub>2</sub>\_Con yang berbeda – beda menunjukkan perbedaan ketersediaan RTH. Jumlah dan jenis vegetasi pada suatu area mempengaruhi penyerapan emisi CO<sub>2</sub>.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



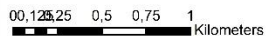
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA  
 2019

JUDUL PETA

PETA ISOPLETH NET\_CO2

SKALA

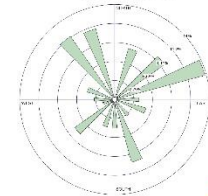
1:30.000



LEGENDA

- 373 - -349 ppm
- 349 - -326 ppm
- 326 - -303 ppm
- 303 - -279 ppm
- 279 - -256 ppm
- 256 - -232 ppm
- 232 - -209 ppm
- 209 - -185 ppm
- 185 - -162 ppm
- Titik Pengamatan Cluster I
- Titik Pengamatan Cluster II
- Titik Pengamatan Cluster III
- Batas Kecamatan Gunung Anyar
- Jalan

WIND ROSE



SUMBER : PENGAMATAN LANGSUNG

Gambar 4.17 Peta Isopleth Net\_CO2

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan, maka kesimpulan sementara penelitian ini adalah:

1. Konsentrasi CO<sub>2</sub> rata – rata di Kecamatan Gunung Anyar sebesar 254 ppm yang berada di bawah ketentuan udara bersih WHO (310 ppm-330 ppm). Reduksi CO<sub>2</sub> (KCO<sub>2</sub>) terbesar terjadi pada lokasi dengan proporsi RTH tertinggi. Semakin besar proporsi RTH maka semakin besar pula kemampuan reduksinya. Hasil analisis uji korelasi dan regresi menunjukkan bahwa proporsi RTH berkorelasi negatif (berbanding terbalik) dan signifikan terhadap Net\_CO<sub>2</sub>-Con. Proporsi lahan permukiman dan jalan atau tanah berkorelasi positif (berbanding lurus) dan signifikan terhadap Net\_CO<sub>2</sub>-Con. Proporsi badan air tidak signifikan terhadap Net\_CO<sub>2</sub>-Con.
2. Model penetapan proporsi RTH dengan melibatkan variabel unsur ruang untuk reduksi CO<sub>2</sub> udara ambien pada kawasan permukiman Kecamatan Gunung Anyar yaitu  $Net\_CO_2 = -192,2138 - 170,815 \%luas\ RTH$ ,  $Net\_CO_2 = -318,279 + 177,125 \%luas\ permukiman$ ,  $Net\_CO_2 = -291,889 + 148,1 \%luas\ jalan/tanah$  dan  $Net\_CO_2 = -259,219 + 144,29 \%luas\ badan\ air$ .

#### **5.2 Saran**

Saran untuk pengembangan penelitian ini antara lain:

1. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan sampel dengan jumlah yang lebih besar dan merata agar data terdistribusi normal dan menghasilkan hasil uji statistika yang lebih signifikan.
2. Dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui jenis, tinggi, serta kerapatan pohon yang optimal dalam menyerap CO<sub>2</sub> untuk mengetahui daya serap vegetasi eksisting.

3. Dilakukan evaluasi atau perencanaan kembali proporsi luasan RTH yang diperlukan untuk mereduksi CO<sub>2</sub> kawasan permukiman Kecamatan Gunung Anyar didasarkan pada hasil nilai Net\_CO<sub>2</sub> serta melakukan monitoring secara berkala agar didapatkan penetapan RTH yang riil dan terukur.



## DAFTAR PUSTAKA

- Adiastari, R. 2011. **Kajian Mengenai Kemampuan Ruang Terbuka Hijau (RTH) dalam Menyerap Emisi Karbon di Kota Surabaya**. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Adjers, G., dan Otsamo, A. 1996. **Seedling Production Methods of Dipterocarps in Dipterocarp Forest Ecosystem Towards Sustainable Management**. Schulthe, A., dan Schone D., (Eds). Singapura : World Scientific.
- Afdal, L. M. G. 2007. "Siklus Karbon dan Karbon Dioksida di Atmosfer dan Samudera". **Jurnal Oseana** 32, 2: 29-41.
- Afdal, L. M. G., dan Noerjito, D.R., 2011. "Fluks Karbon Dioksida, Hubungannya dengan Produktifitas Primer Fitoplankton di Perairan Estuari Donan". **Oseanologi dan Limnologi di Indonesia**, 37:323-337.
- Afda, L. M. G. 2016. "Fluks CO<sub>2</sub> di Perairan Pesisir Pulau Lombok, Nusa Tenggara Barat CO<sub>2</sub>". **Oseanologi dan Limnologi di Indonesia** 1, 2: 91-103.
- Aisyah, A., dan Santoso, R. I. B. 2019. "Determination of Green Space Model for Carbon Dioxide Control of Ambient Air in Petrochemical Industrial Area". **Journal for Advanced Research in Applied Sciences** 6, 1: 18-21.
- Akbar, M. 2018. **Pemodelan Spasial Tingkat Risiko Tsunami terhadap Populasi Distribusi Penduduk di Kota Cilacap Menggunakan Sistem Informasi Geografis**. Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah. Surakarta.
- Anshari, M. M. A., dan Santoso, R. I. B. 2017. **Studi Reduksi Sulfur Dioksida Udara Ambien oleh Vegetasi untuk Wilayah Permukiman dan Ruang Terbuka Hijau di Kota Surabaya**. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

- Ariani, E. 2016. "Analisis Potensi Simpanan Karbon Hutan Mangrove di Area PT. Indocement Tunggul Prakarsa, Tbk 12 Tarjun". **EnviroScienteeae** 12, 3: 312-329.
- Arifin, J. 2005. **Aplikasi Excel dalam Statistik dan Riset Serapan**. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Astuti, W., dan Kusumawardani, Y. 2017. "Analisis Pencemar Udara dengan Box Model (Daya Tampung Beban Pencemar Udara) Studi Kasus di Kota Tangerang". **Jurnal Neo Teknik** 3, 1: 21-28.
- Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Surabaya. 2012. **Profil Keanekaragaman Hayati Surabaya. Surabaya (ID)**: Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya.
- Badan Pengembangan Infrastruktur Wilayah Kementerian PUPR. 2018. **Sinergi Buletin Badan Pengembangan Infrastruktur Wilayah**. Jakarta: BPIW.
- Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya (BAPPEKO). 2016. **Renstra 2016-2021 Badan Perencanaan Pembangunan**. Surabaya.
- Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya (BAPPEKO). 2015. **Executive Summary Rencana Tata Ruang Wilayah Surabaya 2015**. Surabaya
- Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. 2017. **Kecamatan Gunung Anyar dalam Angka 2017**. Surabaya: BPS.
- Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. 2018. **Kota Surabaya dalam Angka 2018**. Surabaya: BPS.
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. **SNI 19-7119.6-2005 Udara Ambien – Bagian 6: Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambien**. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

- Baja, S. 2012. **Perencanaan Tata Guna Lahan dalam Pengembangan Wilayah (Pendekatan Spasial dan Aplikasinya)**. Makassar: Andi Offset.
- Basri, I. S. 2009. "Jalur Hijau (Green Belt) sebagai Kontrol Polusi Udara Hubungannya dengan Kualitas Hidup di Perkotaan". **Jurnal Smartek** 7, 2: 113-120.
- Borges, A. V. 2005. "Do We Have Enough Pieces of the Jigsaw to Integrate CO<sub>2</sub> Fluxes in the Coastal Ocean". **Estuaries** 28, 1: 3-27.
- Borges, A. V., B. Delille, and Frankignoulle, M. 2005. "Budgeting Sinks and Sources of CO<sub>2</sub> in the Coastal Ocean: Diversity of Ecosystems Counts". **Geophysical Research Letters**, 32.
- Brevik, E. C. 2013." The Potential Impact of Climate Change on Soil Properties and Processes and Corresponding Influence of Food Security." **Agriculture** 3, 398-417.
- Buns, C., dan Kuttler, W. 2012. "Path-Integrated Measurement of Carbon Dioxide in the Urban Canopy Layer". **Atmospheric Environment** 46, 237-247.
- Cai, W.J., Dai, M., dan Wang, Y. 2006. "Air-Sea Exchange of Carbon Dioxide in Ocean Margins: A Province Based Synthesis". **Geophysical Research Letters**, 33.
- Chapra, S. C., dan Canale, N. C. 2002. **Numerical Methods for Engineers: with Software and Programming Application**. McGraw-Hill, Boston.
- Chen, C. T. A., dan Borges, A. V. 2009. "Reconciling Views on Carbon Cycling in the Coastal Ocean: Continental Shelves as Sinks and Near-Shore Ecosystem as Sources of Atmospheric CO<sub>2</sub>". **Deep-Sea Res II**, 56: 578–590.

- Chen, C. T. A., Zhai, W., dan Dai, M. 2008. "Riverine Input and Air–Sea CO<sub>2</sub> Exchanges Near The Changjiang (Yangtze River) Estuary: Status Quo and Implication on Possible Future Changes in Metabolic Status". **Continental Shelf Research**, 28: 1476–1482.
- Contini D., Donato, A., Elefante, C., dan Grasso, F.M. 2012. "Analysis of Particles and Carbon Dioxide Concentration and Fluxes in An Urban Area: Correlation with Traffic Rate and Local Micrometeorology". **Atmospheric Environment** 46, 25–35.
- Dahlan, E. 2010. **Trembesi Dahulunya Asing Namun Sekarang Tidak Lagi**. Bogor: IPB press.
- Dawyer, M.C., Miller, R.W. 1999. "Using GIS to Assess Urban Tree Canopy Benefits and Surrounding Greenspace Distributions". **Journal of Arboriculture** 25, 2: 102-107.
- Dhakal, S. 2010. "GHG Emissions from Urbanization and Opportunities for Urban Carbon Mitigation". **Current Opinion in Environmental Sustainability** 2: 277-283.
- Dinas Kebersihan dan Ruang Terbuka Hijau Kota Surabaya. 2018. **Data RTH yang Dikelola DKRTH Kota Surabaya hingga Tahun 2018**. Surabaya.
- Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarto, D., Kurnianto, S., Stidham, M., dan Kanninen, M. 2011. "Mangroves Among The Most Carbon-Rich Forests In The Tropics". **Nat. Geosci**, 4.
- Dwiyanto, A. 2009. "Kuantitas dan Kualitas Ruang Terbuka Hijau di Permukiman Perkotaan". **Jurnal Teknik** 30, 2: 88-93. ISSN 0852-1697.
- ECOTON. 2004. **Ecological Observation and Wetlands Conservation**. Ecoton.org.

- Effendi, H. 2003. **Telaah Kualitas Air**. Yogyakarta: Kanisius.
- Escobedo, F.J., dan Nowak, D.J. 2009. "Spatial Heterogeneity and Air Pollution Removal by An Urban Forest". **Journal of Landscape and Urban Planning** 90: 102-110.
- Fadholi, A. 2013. "Uji Perubahan Rata – Rata Suhu Udara dan Curah Hujan di Kota Pangkalpinang". **Jurnal Matematika, Sains dan Teknologi** 14, 1: 11-25.
- Fatimah, I. S., Sinukaban, N., Munandar, A., dan Kholil. 2013. "Valuasi Manfaat Ekologis Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Bogor dengan Aplikasi Citygreen 5.4". **Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan** 3, 1: 31-38.
- George, K., Ziska, L. H., Bunce, J. A., dan Quebedeaux, B. 2007. "Elevated Atmospheric CO<sub>2</sub> Concentration and Temperature Across An Urban-Rural Transect". **Atmospheric Environment** 41, 7654-7665.
- Hairiah, K., Rahayu, S., Suprayogo, D., dan Prayogo, C. 2016. **Perubahan iklim: Sebab dan Dampaknya terhadap Kehidupan**. Bahan Ajar 1. Bogor, Indonesia: World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Regional Program dan Malang, Indonesia: Universitas Brawijaya.
- Hanafri, K. S. 2011. **Analisis Manfaat Kanopi Pohon dalam Mereduksi Polutan Udara Menggunakan Program City Green di Jalan Raya Padjajaran, Kota Bogor**. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Handoko, Papib dan Yunie Fajariyanti. 2008. **Pengaruh Spektrum Cahaya Tampak Terhadap Laju Fotosintesis Tumbuhan Air *Hydrilla verticillata***. Kediri: Universitas Nusantara PGRI.

- Hastuti, I., dan Sulistyarso, H. 2012. "Penyediaan Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Nilai Emisi CO<sub>2</sub> di Kawasan Industri Surabaya". **Jurnal Teknik ITS** 1, ISSN: 2301-9271.
- Herlina, N., Yamika, W. S. D., dan Andari, S. Y. 2017. "Karakteristik Konsentrasi CO<sub>2</sub> dan Suhu Udara Ambien Dua Taman Kota di Malang". **Jurnal Pengelola Sumberdaya Alam dan Lingkungan** 7, 3: 267-274.
- Indah, I. R., Boedisantoso, R., dan Fadli, A. A. 2010. **Kajian Emisi CO<sub>2</sub> Menggunakan Persamaan Mobile 6 dan Mobile Combustion dari Sektor Transportasi di Kota Surabaya**. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Volume 2: Energy. National Greenhouse Gas Inventories Programme. Busan.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. **Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Geneva, Switzerland. pp 104.
- Jacobson, M. Z. 2005. **Fundamental of Atmospheric Modelling**. Cambridge University.
- Joga, N dan Iwan I. 2011. **RTH 30% Resolusi Kota Hijau**. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Junaedi, A. 2007. "Kontribusi Hutan sebagai Rosot Karbon Dioksida". **Info Hutan** 5, 1: 1-7.
- Junaedi, A. 2014. **Regresi dengan Microsoft Office Excel**. Fakultas Ekonomi dan Bisnis: Universitas Jambi.

- Kamal, N. M. 2015. **Studi Tingkat Kualitas Udara pada Kawasan Mall Panakukang di Makassar**. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2001. **Kebijakan dan Strategi Pengelolaan Ruang Terbuka Hijau**. Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2008. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 5 Tahun 2008 tentang **Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau**.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2011. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 20 Tahun 2011 tentang **Pedoman Penyusunan Rencana Detail Tata Ruang dan Peraturan Zonasi Kabupaten/Kota**.
- Komala, N. 2010. "Variasi Temporal Konsentrasi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) dan Temperatur di Indonesia Berbasis Data Observasi Aqua - Airs". **Prosiding Seminar Nasional Sains Atmosfer**. Bandung: 345-354.
- Kordowski, K., dan Kutter, W. 2010. "Carbon Dioxide Fluxes Over An Urban Park Area". **Atmospheric Environment** 36: 315-330.
- Kurdi, S. Z. 2008. "Pengaruh Emisi CO<sub>2</sub> dari Sektor Perumahan Perkotaan terhadap Kualitas Lingkungan Global". **Jurnal permukiman** 3, 2: 137-150.
- Kurniawati, U. F., dan Setiawan, R. P. 2012. "Pengaruh Perkembangan Perumahan terhadap Emisi Karbon Dioksida di Kota Surabaya". **Jurnal Teknik POMITS** 1, 1: 1-5.
- Kusminingrum, N. 2008. "Potensi Tanaman dalam Menyerap CO<sub>2</sub> dan CO untuk Mengurangi Dampak Pemanasan Global". **Jurnal Permukiman** 3, 2: 96-128.

- Lailiati, M. 2013. **Kemampuan Rosot Karbondioksida 15 Jenis Tanaman Koleksi di Kebun Raya Bogor**, 16. Bogor: Widyariset.
- Lakitan, B. 1997. **Dasar-dasar Klimatologi**. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Magidi, S. 2013. "Determining the Atmospheric Stability Classes for Mazoe in Northern Zimbabwe". **International Journal of Engineering Research and Application** 3, 2: 178-181.
- Moeng, C. H. 2016. **Lecture Notes on the Planetary Boundary Layer**. Mesoscale & Microscale Meteorology Lab, National Center for Atmospheric Research. Boulder: Colodaro.
- Muhi, A. H. 2011. **Praktek Lingkungan Hidup**. Institut Pemerintahan Dalam Negeri (IPDN). Jatinangor: IPDN.
- Mukono. 2007. **Pengaruh Udara dan Pengaruhnya terhadap Gangguan Saluran Pernafasan**. Surabaya: Airlangga University Press.
- Mulyadin, R. M., dan Gusti, R. E. P. 2013. "Analisis Kebutuhan Luasan Area Hijau Berdasarkan Daya Serap CO<sub>2</sub> di Kabupaten Karanganyar Jawa Tengah". **Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan** 10, 4: 264-273.
- Muzayanah. 2016. **Model Ruang Terbuka Hijau untuk Reduksi PM10 (Particulate Matter 10) Udara Ambien**. Disertasi. FTP Universitas Brawijaya. Malang.
- Nasution, R. 2003. **Teknik Sampling**. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara Digital Library.
- Nevers, N. D. 1995. **Air Pollution Control Engineering**. New York: McGraw-Hill.



- Nevers, N. D. 2000. **Air Pollution Control Engineering**. New York: Mc-Graw-Hill.
- NOAA Research – Earth System Research Laboratory-ESRL Global Monitoring Division. 2018. **Trends in Atmospheric Carbon Dioxide**. <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html>.
- Novananda, E., dan Setiawan, R. P. 2015. “Persebaran Spasial Produksi Emisi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) dari Penggunaan Lahan Permukiman di Kawasan Perkotaan Gresik Bagian Timur”. **Jurnal Teknik ITS** 4, 1: 11-16. ISSN: 2337-3539.
- Nowak, D. J., Crane, D. E., Stevens, J. C. 2006. “Air Pollution Removal by Urban Trees and Shrubs in the United States”. **Journal of Urban Forestry & Urban Greening** 4: 115–123.
- Nugrahayu, Q., Nurjannah, N. K., dan Hakim, L. 2017. “Estimasi Emisi Karbondioksida dari Sektor Permukiman di Kota Yogyakarta Menggunakan IPCC Guidelines”. **Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan** 9, 1: 25-36.
- Nurnovita, C. 2011. **Evaluasi Fungsi Ekologis Pohon Pada RTH Lansekap Permukiman Sentul City Bogor**. IPB, Bogor.
- Omar, S. R. 2010. **Plant Volume As A Factor Affecting Outdoor Ambient Air and Thermal Condition**. Thesis. UTM Malaysia.
- Pantilu, L. Ibnu, K., Khalif, A. P. 2012. “Respon Morfologi dan Anatomi Kecamba Kacang Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) terhadap Intensitas Cahaya yang Berbeda”. **Jurnal Biologi** 2, 2: Manado.
- Pasaribu, M. J., dan Tangahu, B. V. 2015. “Kajian Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Publik untuk Menyerap CO<sub>2</sub> udara ambien dari Transportasi Darat di Jalan Perak Barat dan

Jalan Perak Timur, Surabaya”. **Jurnal Teknik ITS** 5, 2: 138-143.

Pemerintah Daerah Kota Surabaya (Pemda Surabaya). 2014. **Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2014 tentang Rencana Tata Ruang dan Wilayah Kota Surabaya Tahun 2014 – 2034**. Surabaya (ID): Sekretaris Daerah Kota Surabaya.

Pemerintah Republik Indonesia. 2007. Undang-Undang Republik Indonesia No. 26 Tahun 2007 tentang **Penataan Ruang**.

Pradiptiyas, D., Assomadi, A. F., dan Boedisantoso, R. 2011. **Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Sebagai Penyerap Emisi CO<sub>2</sub> di Perkotaan Menggunakan Program Stella (Studi Kasus: Surabaya Utara dan Timur)**. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.

Prasetyawan, I. B., Maslukah, L., dan Rifai, A. 2017. “Pengukuran Sistem Karbon Dioksida CO<sub>2</sub> Sebagai data Dasar Penentuan Fluks Karbon di Perairan Jepara”. **Buletin Oseanografi Marina** 6, 1: 9-16.

Purnomohadi, N. 2006. **Ruang Terbuka Hijau Sebagai Unsur Utama Tata Ruang Kota**. Direktorat Jenderal Penataan Ruang Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.

Putra, E. H. 2012. “Analisis Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Pendekatan Kebutuhan Oksigen Menggunakan Citra Satelit EO-1 ALI di Kota Manado”. **Info BPK Manado** 2, 1: 41-54

Putra, E. S. P. 2014. **Pengukuran Daya Serap Karbon Dioksida Menggunakan Kurva Sinusoidal pada Tiga Jenis Bambu**. Skripsi. Departemen Hasil Hutan Institut Pertanian Bogor.

- Rahmy, W. A., Faisal, B., dan Soeriaatmadja, A. R. 2012. "Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau Kota pada Kawasan Padat, Studi Kasus di Wilayah Tegallega, Bandung". **Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia** 1, 1: 27-38.
- Ramadhani, A. 2017. **Pemodelan Dispersi Pencemaran Udara Sumber Majemuk Industri Semen di Kabupaten Tuban Jawa Timur**. Tugas Akhir. Departemen Teknik Lingkungan ITS.
- Rastogi, M., Singh, S., dan Pathak, H. 2002. "Emission of CO<sub>2</sub> from Soil". **Current Science** 82, 5: 510-517.
- Rawung, F. C. 2015. "Efektivitas Ruang Terbuka Hijau (RTH) dalam Mereduksi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) di Kawasan Perkotaan Boroko". **Boroko** 12, 2: 17-32.
- Reible, D. D. 1999. **Fundamentals of Environmental Engineering**. New York: Lewis Publishers.
- Riadi, B., dan Soleman, M. K. 2011. "Aspek Geospasial dalam Delineasi Batas Wilayah Kota Gorontalo: Studi Kasus dalam Pemutakhiran Data Batas Wilayah". **Aspek Geospasial dalam Delineasi Batas Wilayah** 13, 1: 41-49.
- Rigby, M. 2007. **Air Pollution Climatology Using Meteorological Reanalysis**. Thesis. Philosophy of the University of London and the Diploma of Imperial College.
- Rivai, A., Patana, P., dan Latifah, S. 2014. **Pendugaan Emisi CO<sub>2</sub> dan Kebutuhan O<sub>2</sub> Serta Daya Serap CO<sub>2</sub> dan Penghasil O<sub>2</sub> Pada Taman Kota dan Jalur Hijau di Kota Medan**. Skripsi. Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara.
- Rosytha, A. 2016. "Studi Dampak Pengembangan Pemukiman di Wilayah Pesisir Surabaya Timur". **Agregat** 1, 1: 38-43.

- Salisbury, F.B., dan Ross, C.W. 1999. **Plant Physiology**. Wadsworth Publishing Co.
- Samiaji, T. 2009. "Upaya Mengurangi CO<sub>2</sub> di Atmosfer". **Berita Dirgantara** 10, 3: 92-95.
- Samiaji, T. 2010. "Analisis Emisi Gas CO<sub>2</sub> di Indonesia". **Prosiding Seminar Nasional Sains Atmosfer**, LAPAN.
- Samsudi. 2010. "Ruang Terbuka Hijau Kebutuhan Tata Ruang Perkotaan Kota Surakarta". **Journal of Rural and Development** 1, 1: 11-19.
- Samudro, G., dan Mangkoedihardjo, S. 2006. "Water Equivalent Method for City Phytostructure of Indonesia". **Water Equivalent Method** 3, 3:261-267.
- Santiyayasa, I. W. 2016. **Modul Analisis Regresi dan Korelasi**. Jurusan Ilmu Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Udayana.
- Santoso, I. B., dan Mangkoedihardjo, S. 2012. "Time Series of Carbon Dioxide Concentration in the Ambient Air to Determine Greenspace Area". **International Journal of Academic Research** 6, 4: 224-229.
- Santoso, I. B., dan Mangkoedihardjo, S. 2015. **Metode Evaluasi dan Model untuk Penetapan Ruang Terbuka Hijau Menggunakan Data Seri Waktu Konsentrasi Karbondioksida Udara Ambien**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Santoso, I. B., dan Otok, B.W. 2014. "Determination of Sample Size for Evaluation Greenspace Using The Cumulative Concentration Levels of Carbon Dioxide in Ambient Air". **International Journal of Academic Research** 6, 1: 161-165.

- Schnoor, L. J., Wiley, J. A., dan Son. 1996. "Environmental Modeling: Fate and Transport of Pollutants in Water, Air, and Soil". **Environmental Progress** 16, 3: 1-682.
- Shan, Y., Shen, Z., Zhou, X., Che, S., dan Wang, W. 2011. "Quantifying Air Pollution Attenuation within Urban Parks: An Experimental Approach in Shanghai, China". **Journal of Environmental Pollution** 159, 2155-2163.
- Sihotang, S. R., dan Assomadi, A. F. 2010. "Pemetaan Distribusi Konsentrasi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) dari Kontribusi Kendaraan Bermotor di Kampus ITS Surabaya". **Jurnal Ilmiah Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS**.
- Simanungkalit, N. 2011. "Pemilihan Media dan Cara Membuat Peta Statistik untuk Pembelajaran Geografi di SMA". **Jurnal Geografi** 3, 2: 67-82.
- Smagorinsky, J. 1963. "General Circulation Experiments with The Primitive Equations, Part I: The Basic Experiment". **Monthly Weather Review** 91, 3: 99–152.
- Soemirat, J. 2005. **Toksikologi Lingkungan**. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Stockmann, U. 2013. "The Knowns, Known Unknowns and Unknowns of Sequestration of Soil Organic Carbon". **Agriculture Ecosystem and Environment** 164, 80-99
- Stull, R., B. 1998. **An Introduction to Boundary Layer Meteorology**. Boston: Kluwer Academic Publisher.
- Sub Direktorat Statistik Lingkungan Hidup. 2015. **Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2016**. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Sugiyono, A. 2006. "Penanggulangan Pemanasan global di Sektor Pengguna Energi". **Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca** 7, 2: 15 –19.

- Sumarmi. 2012. **Model-Model Pembelajaran Geografi**. Yogyakarta: Aditya Media.
- Suryaningsih, L., Haji, A. T. S., dan Wirosuedarmo, R. 2015. "Analisis Spasial Defisiensi Ruang Terbuka Hijau (RTH) Di Kota Mojokerto". **Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan** 2, 2: 1-10.
- Syamdermawan, W., Surjono., dan Kurniawan, E. B. 2012. "Pengaruh Ruang Terbuka Hijau terhadap Kualitas Lingkungan pada Perumahan Menengah Atas". **Teknologi dan Kejuruhan** 35, 1: 81-92.
- Syamsu, I. F., Nugraha, A. Z., Nugraheni, C. T., dan Wahwakhi, S. 2018. "Kajian Perubahan Tutupan Lahan di Ekosistem Mangrove Pantai Timur Surabaya". **Media Konservasi** 23, 2: 122-131.
- Telussa, A. D., Persulesy, E. R., dan Leleury, Z. A. 2013. "Penerapan Analisis Korelasi Parsial untuk Menentukan Hubungan Pelaksanaan Fungsi Manajemen Kepegawaian dengan Efektivitas Kerja Pegawai". **Jurnal Barekeng** 7, 1: 15-18.
- Topham, S., Bazzanella, A., Schiebahn, S., Luhr, S., Zhao, L., Otto, A., dan Stolten, D. 2014. **Carbon Dioxide**. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 1-43.
- Velasco, E., dan Roth, M. 2010. "Cities as Net Sources of CO<sub>2</sub>: Review of Atmospheric CO<sub>2</sub> Exchange in Urban Environments Measured by Eddy Covariance Technique". **Geography Compass** 4, 9: 1238–1259.
- Vyankatesh, Y., Arjun, B., dan Sonali, Y. 2014. "Prediction of Air Pollution Concentration Using a Fixed Box Model". **Researcher** 6, 5: 89-92.
- Wahyudi, N. I. S., Sitawati., dan Wicaksono, K. P. 2017. "Perbandingan Kemampuan Serapan CO<sub>2</sub> dan Penurunan

Suhu Udara dari Hutan Kota dan Taman Kota Balikpapan”.  
**Jurnal Produksi Tanaman** 5, 8: 1265 – 1274.

Wiraatmaja, W. 2017. **Suhu, Energi Matahari, dan Air dalam Hubungan dengan Tanaman**. Denpasar.

World Health Organization (WHO). 1998. **The Impact of Cemeteries on the Environment and Public Health**. Eupore: WHO Regional Office for Europe.

World Health Organization (WHO). 2007. **Health Risks of Heavy Metals from Longrange Transboundary Air Pollution**.  
www.who.int.

Wulangsari, A. 2014. “Tipologi Segregasi Permukiman berdasarkan Faktor dan Pola Permukiman di Solo Baru, Sukoharjo”. **Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota** 10, 4: 387 - 399.

Ying, C. S. 2010. **Measurement and Analysis of Carbon Dioxide Concentration in the Outdoor Environment**. Physics Department, from Chinese University of Hong Kong.

Zakir, A., Widada, S., dan Mia, K. 2010. **Perspektif Operasional Cuaca Tropis**. Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.

Zottoli, R. 1978. “Introduction to Marine Environments”. **The C.V. Mosby Company**, New York: 20 pp

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



**LAMPIRAN 1**  
**DOKUMENTASI LOKASI PENGUKURAN KONSENTRASI CO<sub>2</sub>**



Gambar 1.1 Titik 1 *Cluster I*



Gambar 1.2 Titik 2 *Cluster I*



Gambar 1.3 Titik 3 *Cluster I*



Gambar 1.4 Titik 4 *Cluster I*



Gambar 1.5 Titik 5 *Cluster 1*



Gambar 1.6 Titik 6 *Cluster 1*



Gambar 1.7 Titik 7 *Cluster 1*



Gambar 1.8 Titik 8 *Cluster 1*



Gambar 1.9 Titik 1 *Cluster 2*



Gambar 1.10 Titik 2 *Cluster 2*



Gambar 1.11 Titik 3 *Cluster 2*



Gambar 1.12 Titik 4 *Cluster 2*



Gambar 1.13 Titik 5 *Cluster 2*



Gambar 1.14 Titik 6 *Cluster 2*



Gambar 1.15 Titik 7 *Cluster 2*



Gambar 1.16 Titik 8 *Cluster 2*





Gambar 1.17 Titik 1 *Cluster 3*



Gambar 1.18 Titik 2 *Cluster 3*



Gambar 1.19 Titik 3 *Cluster 3*



Gambar 1.20 Titik 4 *Cluster 3*



Gambar 1.21 Titik 5 *Cluster 3*



Gambar 1.22 Titik 6 *Cluster 3*



Gambar 1.23 Titik 7 *Cluster 3*



Gambar 1.24 Titik 8 *Cluster 3*

## LAMPIRAN 2 DATA PENGUKURAN KONSENTRASI CO<sub>2</sub>

Tabel 2.1 Hasil Pengukuran Konsentrasi CO<sub>2</sub> Kawasan Tipe Permukiman Sederhana (*Cluster I*) Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya

Lokasi	Tanggal	Posisi		Titik	Konsentrasi CO <sub>2</sub> (ppm)					Suhu				
		x	y		06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00
Cluster I (Tipe Permukiman Sederhana)	Senin, 25/3/2019	695226,95	9188744,55	1	344	308	250	256	311	27,5	36,9	37,6	35,3	30,1
		696222,64	9188296,28	2	333	294	241	270	307	28,5	35,7	38,1	34,8	30,3
		696541,14	9188279,62	3	331	291	267	274	280	28,4	36,6	38,4	34,7	30,2
		696719,98	9188493,52	4	302	240	222	246	266	29,1	36,5	39	34,7	30
		698385,27	9188741,26	5	275	217	215	256	258	30,8	33	36	32,4	25,8
		698184	9188628,34	6	278	225	214	246	268	30,6	36,4	37,4	32,2	28,2
		699201	9189128,36	7	296	204	196	231	277	31,6	33,8	39,2	33,3	31,3
		700178,59	9189304,25	8	317	208	194	230	259	31,7	33,9	38,4	32,1	31,3
	Selasa, 26/3/2019	695226,95	9188744,55	1	345	289	274	278	297	26,6	33,8	32,2	31,8	30,4
		696222,64	9188296,28	2	330	280	249	269	304	26,8	33,6	33,1	32	30,6
		696541,14	9188279,62	3	326	304	246	250	273	27	32,8	33,4	31,8	30,6
		696719,98	9188493,52	4	277	218	204	229	244	27,2	32,5	34	31,7	30
		698385,27	9188741,26	5	309	223	198	223	264	28,9	34,6	34,8	32,7	30
		698184,00	9188628,34	6	322	287	231	246	278	28,9	34,8	34,1	32,9	30,3
		699201,00	9189128,36	7	284	246	207	219	229	31,6	33,4	34,8	33,5	30
	700178,59	9189304,25	8	290	229	189	197	206	31,4	33,6	33,5	34,2	31,5	
	Rabu, 27/3/2019	695226,95	9188744,55	1	331	286	236	245	293	28	32	34	35,5	31
		696222,64	9188296,28	2	333	285	255	264	297	28,6	32,2	34,2	35,5	30,2
696541,14		9188279,62	3	286	252	220	286	317	28,6	32,1	34,1	35,7	30,2	

Lokasi	Tanggal	Posisi		Titik	Konsentrasi CO <sub>2</sub> (ppm)					Suhu				
		x	y		06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00
		696719,98	9188493,52		4	290	249	215	221	258	28,8	33	36,3	35
698385,27	9188741,26	5	281	239	212	243	259	30,9	33,2	35	32,1	30,2		
698184,00	9188628,34	6	257	246	201	255	300	31,1	33,8	35,5	32,5	30,4		
699201,00	9189128,36	7	286	231	195	237	269	32	32,8	36,6	32,1	30,1		
700178,59	9189304,25	8	324	231	204	252	260	32,2	33,8	35,1	32	30,5		
Kamis, 28/3/2019	695226,95	9188744,55	1	321	233	213	272	358	27,7	33,6	34,8	31,5	26,6	
	696222,64	9188296,28	2	345	305	257	266	321	28,1	34,8	32,9	31,3	26,6	
	696541,14	9188279,62	3	333	307	259	274	308	28,3	35,8	32,9	31,6	26,8	
	696719,98	9188493,52	4	306	284	234	258	292	28,6	36,1	32,4	31,2	27	
	698385,27	9188741,26	5	370	247	225	229	288	29,9	32,6	32,5	31,2	26,2	
	698184,00	9188628,34	6	290	253	212	264	283	30	32,5	32,5	31,7	26,5	
	699201,00	9189128,36	7	294	232	211	224	249	30,7	31,1	31,6	31,3	27,3	
	700178,59	9189304,25	8	307	230	203	244	251	30,5	31,1	31,9	30,5	28,3	
Jumat, 29/3/2019	695226,95	9188744,55	1	335	295	236	278	309	31	31,1	32,3	33,4	30,3	
	696222,64	9188296,28	2	329	298	247	284	306	30,4	33,2	33,3	34	30	
	696541,14	9188279,62	3	298	297	223	226	268	31	34,1	33,1	33,8	30	
	696719,98	9188493,52	4	304	271	225	235	286	34,3	35,8	33,7	34	29,8	
	698385,27	9188741,26	5	323	233	219	218	291	25,4	32,2	32,1	31,6	29,9	
	698184,00	9188628,34	6	304	264	226	243	283	25,6	32,4	34,3	32,7	30	
	699201,00	9189128,36	7	338	236	219	244	257	27,2	32,7	32	31,7	30	
	700178,59	9189304,25	8	326	234	207	221	240	27,6	32,6	32,3	31,3	30,2	
Sabtu, 30/3/2019	695226,95	9188744,55	1	324	318	285	286	306	30,1	33	30,8	32,9	30,3	
	696222,64	9188296,28	2	319	316	262	266	293	30,7	35,3	31,5	33,3	29,3	
	696541,14	9188279,62	3	346	311	278	283	291	31,6	34,5	32	33,1	29	
	696719,98	9188493,52	4	311	271	239	262	269	32,7	33,4	32,5	33	29,1	
	698385,27	9188741,26	5	324	244	210	209	264	26,5	34,4	34,8	32,1	29,6	
	698184,00	9188628,34	6	336	295	246	250	280	26,8	34,7	35,4	32,6	29,6	
	699201,00	9189128,36	7	318	231	204	230	237	27,7	33,6	34,1	32,3	30,6	



Lokasi	Tanggal	Posisi		Titik	Konsentrasi CO <sub>2</sub> (ppm)					Suhu				
		x	y		06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00
		700178,59	9189304,25		8	302	246	214	223	254	27,5	32,8	35,1	31,8
Minggu, 31/3/2019	695226,95	9188744,55	1	375	325	278	280	287	27,8	36	34,3	29,6	28,5	
	696222,64	9188296,28	2	327	284	256	264	274	27,6	34,2	34,5	29,6	29,4	
	696541,14	9188279,62	3	335	251	247	254	261	28	34,8	35	29,6	29,5	
	696719,98	9188493,52	4	295	221	206	230	233	28,3	34,6	35,2	29,7	29,2	
	698385,27	9188741,26	5	299	210	198	214	298	29,5	34,2	37,6	28,6	29,6	
	698184,00	9188628,34	6	319	253	196	247	251	29,1	34	36,8	29,8	29,6	
	699201,00	9189128,36	7	268	258	198	222	245	32,2	33,5	35,4	35,1	30,6	
700178,59	9189304,25	8	323	261	205	216	264	32,9	32,1	35,6	35,6	31,7		

Tabel 2.2 Hasil Pengukuran Konsentrasi CO<sub>2</sub> Kawasan Tipe Permukiman Menengah (*Cluster II*) Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya

Lokasi	Tanggal	Posisi		Titik	Konsentrasi CO <sub>2</sub> (ppm)					Suhu				
		x	y		06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00
Cluster II (Tipe Permukiman Menengah)	Senin, 25/3/2019	696150,65	9188816,42	1	300	267	207	209	268	27	35,3	38,3	34,8	29,3
		695904,58	9189013,17	2	274	210	194	216	256	27,3	35,5	36,6	34,7	29,6
		695567,87	9189016,46	3	301	236	204	204	252	27,5	33,8	37,6	34,3	29,8
		695843,08	9188533,24	4	312	235	203	215	274	28,5	34,7	38,4	34,6	30,6
		699097,29	9188396,74	5	283	221	182	234	250	32	34,6	37,9	33,1	29,1
		699024,63	9188478,40	6	266	238	198	219	256	31	34,6	39,9	32,5	29,3
		700156,57	9188845,96	7	306	221	201	219	238	33,3	34,1	37,6	31,6	31,8
		700030,40	9188728,37	8	242	232	221	231	234	33,1	34	37,3	31,9	31,4
	Selasa, 26/3/2019	696150,65	9188816,42	1	305	235	202	236	288	26,8	32,7	32,5	32,1	30,3
		695904,58	9189013,17	2	305	242	210	229	309	26,8	32	32,8	32	30,2
		695567,87	9189016,46	3	351	232	220	222	320	26,7	32,2	32,3	31,5	30,2
		695843,08	9188533,24	4	329	258	213	255	362	26,7	33,8	32,3	32,3	30,5
		699097,29	9188396,74	5	308	214	203	217	231	31,8	33,6	34,8	34	29,7
		699024,63	9188478,40	6	306	216	192	205	223	30,5	33,4	34,8	33,6	30
		700156,57	9188845,96	7	278	217	199	205	231	33,6	35,5	33,9	35,5	30,5
		700030,40	9188728,37	8	247	236	199	212	230	32,7	35,6	34,3	37	30,9
	Rabu, 27/3/2019	696150,65	9188816,42	1	301	250	201	241	309	27,9	33,2	35,6	34,3	30,4
		695904,58	9189013,17	2	303	271	210	220	275	27,8	31,6	35,4	32,9	30,4
		695567,87	9189016,46	3	345	251	214	222	270	27,9	31,3	34,5	32,1	30,3
		695843,08	9188533,24	4	313	237	212	241	308	28,6	32,4	35,1	35,5	30,4
		699097,29	9188396,74	5	275	231	215	218	233	32,1	33,5	37,5	32	30,3
		699024,63	9188478,40	6	264	232	199	230	255	31,7	33,3	36,3	32,5	30,5
		700156,57	9188845,96	7	290	245	191	235	255	33,5	33,1	36,9	31	30,6
		700030,40	9188728,37	8	260	230	200	229	239	33	32,7	36,5	31,1	30,7

Lokasi	Tanggal	Posisi		Titik	Konsentrasi CO <sub>2</sub> (ppm)					Suhu				
		x	y		06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00
		Kamis, 28/3/2019	696150,65		9188816,42	1	309	234	221	232	346	27,8	33,4	33,5
695904,58	9189013,17		2	321	235	228	230	343	27,5	33,1	33,3	31,2	26,3	
695567,87	9189016,46		3	306	225	214	222	306	27,6	33,5	34	31	26,3	
695843,08	9188533,24		4	269	219	211	260	333	28	34,8	33,5	31,4	26,7	
699097,29	9188396,74		5	301	223	216	229	296	29,6	32,2	30,5	31,1	27,1	
699024,63	9188478,40		6	281	225	221	222	282	29,9	32,1	31	31,2	27,6	
700156,57	9188845,96		7	269	235	224	227	247	30,9	32	34,4	30,7	30,3	
700030,40	9188728,37		8	253	240	205	251	254	31,3	32,6	34,5	30,7	29,6	
Jumat, 29/3/2019	696150,65	9188816,42	1	307	274	234	236	293	28,9	32,1	33,2	32,8	30	
	695904,58	9189013,17	2	279	260	203	240	255	29,1	33,2	32,6	32,2	29,9	
	695567,87	9189016,46	3	297	282	212	244	266	29,1	32,9	32,5	32,9	29,8	
	695843,08	9188533,24	4	274	267	222	279	306	30,1	32,1	32,8	34,1	30,1	
	699097,29	9188396,74	5	330	224	219	229	297	26,8	32,5	32,7	31,5	30,3	
	699024,63	9188478,40	6	337	234	227	228	254	27,5	32,5	33,8	31,4	29,8	
	700156,57	9188845,96	7	309	211	205	251	249	28,8	33	32,5	31,2	30,5	
	700030,40	9188728,37	8	303	230	218	246	260	28,5	33,5	32,8	31,4	30,6	
Sabtu, 30/3/2019	696150,65	9188816,42	1	304	298	217	263	268	30	33,2	31	32,6	31	
	695904,58	9189013,17	2	306	264	241	260	271	31,1	33,2	30,8	32,3	30,5	
	695567,87	9189016,46	3	296	260	209	250	267	31,5	32,1	30,1	32	30,6	
	695843,08	9188533,24	4	345	271	220	248	319	30,3	33,6	31,5	33,1	29,6	
	699097,29	9188396,74	5	311	299	221	229	257	27,8	33,4	34,6	31,8	30,4	
	699024,63	9188478,40	6	310	282	217	231	267	27,7	33,8	37	31,9	30,4	
	700156,57	9188845,96	7	313	247	204	217	235	28,6	36,9	35,1	31	30,6	
	700030,40	9188728,37	8	297	231	222	223	246	29,1	36,5	34,8	31	30,8	
Minggu, 31/3/2019	696150,65	9188816,42	1	333	216	197	243	246	27,7	34,3	34,4	29,1	27,8	
	695904,58	9189013,17	2	372	210	204	229	247	27,9	35,5	34,7	29,1	27,8	
	695567,87	9189016,46	3	328	218	211	246	282	27,8	34,7	33,6	29,2	27,3	
	695843,08	9188533,24	4	330	213	196	239	248	27,6	35,1	34,5	29,9	29,4	

Lokasi	Tanggal	Posisi		Titik	Konsentrasi CO <sub>2</sub> (ppm)					Suhu				
		x	y		06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00
		699097,29	9188396,74	5	294	226	203	213	247	32	35,5	37,2	33	30,4
		699024,63	9188478,40	6	303	230	208	210	279	32,4	35,4	38,3	34,3	30,4
		700156,57	9188845,96	7	253	252	195	205	232	34,8	35,3	35,8	36,1	30,6
		700030,40	9188728,37	8	269	265	200	211	242	32,5	33	36	36,2	30,8

Tabel 2.3 Hasil Pengukuran Konsentrasi CO<sub>2</sub> Kawasan Tipe Permukiman Mewah (*Cluster III*) Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya

Lokasi	Tanggal	Posisi		Titik	Konsentrasi CO <sub>2</sub> (ppm)					Suhu				
		x	y		06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00
Cluster III (Tipe Permukiman Mewah)	Senin, 25/3/2019	697110,71	9189147,46	1	310	219	189	233	256	29,9	34,5	39,1	34	28,7
		697098,13	9188690,88	2	277	226	199	250	282	29,2	33,9	37,2	33,8	28,8
		697405,83	9188700,05	3	302	236	212	214	398	30,1	34,6	39,6	33,6	28,7
		697199,21	9188423,93	4	292	264	225	259	273	30,7	34,1	39,1	33,5	28,8
		698482,19	9187983,76	5	276	252	227	232	251	31,2	34,2	40	32,4	28,3
		699958,54	9188903,41	6	269	226	219	220	295	32	33,8	39,5	32,1	31,1
		696544,83	9189182,37	7	286	252	197	200	298	27,3	34,1	40,1	32,6	29,1
		699593,16	9188704,75	8	299	235	204	211	250	33,7	34,5	37,6	32,3	31,9
	Selasa, 26/3/2019	697110,71	9189147,46	1	309	236	225	232	247	28,4	34,5	34	32,3	29,9
		697098,13	9188690,88	2	285	206	204	222	246	28,4	34	34	32,6	30
		697405,83	9188700,05	3	285	232	215	219	252	28,4	34,3	33,3	32,3	29,9
		697199,21	9188423,93	4	264	253	211	223	262	28,8	33,5	32,6	32,3	30,1
		698482,19	9187983,76	5	264	228	209	214	238	29,6	34,5	35,3	32,3	29,6
		699958,54	9188903,41	6	256	228	196	204	223	31,6	36,3	33,6	36,5	31,5
		696544,83	9189182,37	7	297	225	217	221	250	27,1	33,1	33,1	32,3	30,1
		699593,16	9188704,75	8	261	238	197	199	229	33,6	36,6	36,4	36,6	30,2
	Rabu, 27/3/2019	697110,71	9189147,46	1	304	239	223	231	270	30,1	33,7	33,9	32,7	30,2
		697098,13	9188690,88	2	282	265	209	237	273	30,6	34	35,1	34	30
		697405,83	9188700,05	3	272	241	227	231	238	30,6	33,2	35	33	29,8
		697199,21	9188423,93	4	265	244	242	242	259	30,6	33,4	36,5	32,8	30
		698482,19	9187983,76	5	303	244	209	244	280	31,7	33,3	37,1	32,5	30,5
		699958,54	9188903,41	6	263	230	214	221	231	31,8	32,6	35,9	31,1	30,8
		696544,83	9189182,37	7	279	268	185	238	244	27,2	33,6	36,1	31,8	30,1
		699593,16	9188704,75	8	231	218	218	234	248	32,5	32,8	36,1	31,2	31,5

Lokasi	Tanggal	Posisi		Titik	Konsentrasi CO2 (ppm)					Suhu				
		x	y		06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00
Kamis, 28/3/2019	697110,71	9189147,46	1	313	233	216	238	287	28,8	33,4	34,3	31,5	26,1	
	697098,13	9188690,88	2	269	226	208	234	286	29,3	33,5	33,1	32,3	26	
	697405,83	9188700,05	3	284	230	192	230	275	29,4	34,2	33	32,2	26	
	697199,21	9188423,93	4	282	229	211	235	315	29,5	34,6	33,2	32,2	25,9	
	698482,19	9187983,76	5	291	254	217	233	265	30,2	31,3	32,5	30	26,5	
	699958,54	9188903,41	6	249	231	220	242	250	30,9	32	32,3	30,8	28,9	
	696544,83	9189182,37	7	316	238	216	220	309	28,1	33,9	33,2	31,6	26,1	
699593,16	9188704,75	8	257	231	189	267	306	29,3	33	35,1	30,6	31		
Jumat, 29/3/2019	697110,71	9189147,46	1	304	253	204	237	268	25,4	32,4	34,3	35,3	30	
	697098,13	9188690,88	2	330	225	224	246	264	25,2	33,3	37	36,6	29,6	
	697405,83	9188700,05	3	277	232	210	223	258	25,2	34,5	35,7	35,5	29,7	
	697199,21	9188423,93	4	310	240	220	237	261	25	33	35,9	37,4	29,7	
	698482,19	9187983,76	5	352	258	203	226	250	27,1	33	33,7	32	29,8	
	699958,54	9188903,41	6	313	250	235	236	249	27,4	33	33,6	31,3	31	
	696544,83	9189182,37	7	295	262	229	235	268	28,3	32,3	34,5	33,5	29,6	
699593,16	9188704,75	8	315	234	193	231	233	29	34,6	39,1	31,6	31,5		
Sabtu, 30/3/2019	697110,71	9189147,46	1	311	256	221	232	271	26,2	34,8	32,3	34	29,8	
	697098,13	9188690,88	2	360	242	224	228	242	26,1	35,3	33,6	33,5	30	
	697405,83	9188700,05	3	309	248	231	265	272	26	34,8	33,2	33,4	30	
	697199,21	9188423,93	4	320	247	216	234	258	26,5	33,8	32,8	33,5	30	
	698482,19	9187983,76	5	329	246	213	227	231	27	34,5	35,8	32,6	30	
	699958,54	9188903,41	6	301	251	209	225	233	27,9	33,7	37	31,1	31	
	696544,83	9189182,37	7	296	262	231	232	282	30,4	33,6	31,6	33,1	30,2	
699593,16	9188704,75	8	293	236	235	242	259	30,8	35,4	36	30,6	30,4		
Minggu, 31/3/2019	697110,71	9189147,46	1	307	219	203	227	267	29,1	35,1	39,7	28,4	29,8	
	697098,13	9188690,88	2	283	219	200	232	249	29,5	34,7	38,2	28,1	30	
	697405,83	9188700,05	3	269	211	202	227	273	29	35,4	36,3	28,4	30	
	697199,21	9188423,93	4	291	215	201	228	283	29,1	36,3	36,1	28,4	30	

Lokasi	Tanggal	Posisi		Titik	Konsentrasi CO2 (ppm)					Suhu				
		x	y		06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00
		698482,19	9187983,76	5	310	214	206	218	241	30,2	34,6	36,8	30	30
		699958,54	9188903,41	6	250	246	199	201	220	29,2	33	36	36,1	31
		696544,83	9189182,37	7	345	226	209	234	283	28,3	34	36,6	28,8	30,2
		699593,16	9188704,75	8	267	241	187	214	257	34,6	31,5	35,4	35,1	30,4

Tabel 2.4 Hasil Pengukuran Konsentrasi CO<sub>2</sub> Kawasan Permukiman Rata - Rata Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya

Lokasi	Titik	Posisi		Konsentrasi CO <sub>2</sub> (ppm)							Rata - Rata Hari Kerja	Rata - Rata Hari Libur	Rata - rata
		X	Y	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu			
Cluster I (Tipe Permukiman Sederhana)	1	695226,95	9188744,55	294	297	278	280	290	304	309	288	306	293
	2	696222,64	9188296,28	289	287	287	299	293	291	281	291	286	289
	3	696541,14	9188279,62	288	280	272	296	262	302	270	280	286	281
	4	696719,98	9188493,52	255	235	246	275	264	270	237	255	254	255
	5	698385,27	9188741,26	244	244	247	272	257	250	244	253	247	251
	6	698184,00	9188628,34	246	273	252	260	264	281	253	259	267	261
	7	699201,00	9189128,36	241	237	244	242	259	244	238	244	241	243
	8	700178,59	9189304,25	242	222	254	247	246	248	254	242	251	245
Cluster II (Tipe Permukiman Menengah)	1	696150,65	9188816,42	250	253	260	268	269	270	247	260	258	260
	2	695904,58	9189013,17	230	259	256	271	247	268	252	253	260	255
	3	695592,95	9189034,58	239	269	260	255	260	256	257	257	257	257
	4	695843,08	9188533,24	248	283	262	258	269	280	245	264	263	264
	5	699097,29	9188396,74	234	235	234	253	260	263	237	243	250	245
	6	699024,63	9188478,40	235	229	236	246	256	261	246	240	254	244
	7	700156,57	9188845,96	237	226	243	240	245	243	227	238	235	237
	8	700030,40	9188728,37	232	225	231	241	251	244	237	236	241	237
Cluster III (Tipe	1	697110,71	9189147,46	241	250	253	257	253	258	244	251	251	251
	2	697098,13	9188690,88	247	233	253	245	258	259	237	247	248	247
	3	697405,83	9188700,05	272	240	242	242	240	265	236	247	251	248



Lokasi	Titik	Posisi		Konsentrasi CO <sub>2</sub> (ppm)							Rata - Rata Hari Kerja	Rata - Rata Hari Libur	Rata - rata
		X	Y	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu			
Permukiman Mewah)	4	697199,21	9188423,93	263	243	250	254	254	255	244	253	249	252
	5	698482,19	9187983,76	248	231	256	252	258	249	238	249	243	247
	6	699958,54	9188903,41	246	221	232	238	256	244	223	239	233	237
	7	696544,83	9189182,37	246	242	243	260	258	260	259	250	260	253
	8	699593,16	9188704,75	240	225	230	250	241	253	233	237	243	239
Rata - Rata											253	256	254

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

**LAMPIRAN 3**  
**DATA KECEPATAN DAN ARAH ANGIN**

Tabel 3.1 Hasil Pengukuran Kecepatan dan Arah Angin Unit Analisis *Cluster I* (Tipe Permukiman Sederhana)

Cluster	Tanggal	Posisi		Titik	Kecepatan Angin (m/s)					V rata - rata (m/s)	Panjang sisi box (m)	Arah box (°)
		x	y		06.00	09.00	12.00	15.00	18.00			
Cluster I (Tipe Permukiman Sederhana)	Senin, 25/3/2019	695226,95	9188744,55	1	0,85	0,65	0,70	1,15	0,95	0,86	51,60	157,5
		696222,64	9188296,28	2	0,95	0,80	1,20	0,75	0,75	0,89	53,40	22,50
		696541,14	9188279,62	3	0,70	1,00	1,45	0,80	0,90	0,97	58,20	157,50
		696719,98	9188493,52	4	0,55	0,70	1,85	0,90	0,90	0,98	58,80	225,00
		698385,27	9188741,26	5	0,90	1,50	1,55	1,70	0,70	1,27	76,20	22,50
		698184,00	9188628,34	6	0,65	1,10	0,60	0,80	1,000	0,83	49,80	315,00
		699201,00	9189128,36	7	0,95	1,50	2,30	0,85	0,95	1,31	78,60	337,50
	700178,59	9189304,25	8	1,35	1,55	1,45	2,10	0,95	1,48	88,80	315,00	
	Selasa, 26/3/2019	695226,95	9188744,55	1	0,80	1,75	1,00	1,00	0,60	1,03	61,80	292,50
		696222,64	9188296,28	2	0,70	1,75	1,30	0,70	0,90	1,07	64,20	90,00
		696541,14	9188279,62	3	0,95	1,45	1,30	1,45	0,65	1,16	69,60	180,00
		696719,98	9188493,52	4	0,60	2,00	1,30	0,70	1,75	1,27	76,20	157,5
		698385,27	9188741,26	5	0,55	1,10	1,20	1,05	0,65	0,91	54,60	22,50
		698184,00	9188628,34	6	0,55	0,75	1,20	0,65	0,50	0,73	43,80	67,50
		699201,00	9189128,36	7	0,60	0,95	1,05	0,85	0,50	0,79	47,40	22,50
	700178,59	9189304,25	8	0,55	0,95	1,85	1,75	1,15	1,25	75,00	45,00	
	Rabu, 27/3/2019	695226,95	9188744,55	1	0,60	0,65	1,35	1,10	0,75	0,89	53,40	180,00
		696222,64	9188296,28	2	0,50	0,70	0,80	1,05	0,70	0,75	45,00	112,50
696541,14		9188279,62	3	0,75	0,75	0,80	1,40	0,50	0,84	50,40	180,00	

Cluster	Tanggal	Posisi		Titik	Kecepatan Angin (m/s)					V rata - rata (m/s)	Panjang sisi box (m)	Arah box (°)
		x	y		06.00	09.00	12.00	15.00	18.00			
		696719,98	9188493,52	4	0,45	0,75	0,95	0,60	1,20	0,79	47,40	45,00
		698385,27	9188741,26	5	0,65	0,65	2,05	0,60	0,60	0,91	54,60	225,00
		698184,00	9188628,34	6	0,50	0,60	0,45	0,60	0,70	0,57	34,20	67,50
		699201,00	9189128,36	7	0,90	1,45	1,60	0,80	2,35	1,42	85,20	67,50
		700178,59	9189304,25	8	0,90	1,05	1,10	0,90	0,50	0,89	53,40	157,50
	Kamis, 28/3/2019	695226,95	9188744,55	1	1,50	1,25	0,85	0,95	0,60	1,03	61,80	157,50
		696222,64	9188296,28	2	1,50	1,15	0,75	1,85	0,80	1,21	72,60	315,00
		696541,14	9188279,62	3	1,10	1,25	1,00	0,85	0,45	0,93	55,80	337,50
		696719,98	9188493,52	4	0,85	1,65	2,15	1,15	1,20	1,40	84,00	337,50
		698385,27	9188741,26	5	1,20	1,65	0,65	2,10	0,50	1,22	73,20	45,00
		698184,00	9188628,34	6	1,40	0,80	0,60	0,60	0,60	0,80	48,00	180,00
		699201,00	9189128,36	7	2,10	1,65	1,00	0,75	1,80	1,46	87,60	225,00
		700178,59	9189304,25	8	1,05	1,90	1,20	1,10	2,25	1,50	90,00	202,50
	Jumat, 29/3/2019	695226,95	9188744,55	1	0,70	0,80	1,40	0,70	0,80	0,88	52,80	135,00
		696222,64	9188296,28	2	0,60	0,60	0,65	0,60	0,70	0,63	37,80	112,50
		696541,14	9188279,62	3	0,50	1,00	0,70	1,25	0,80	0,85	51,00	157,50
		696719,98	9188493,52	4	0,50	0,60	0,85	1,45	1,80	1,04	62,40	67,50
		698385,27	9188741,26	5	0,90	0,80	1,50	3,15	0,75	1,42	85,20	67,50
		698184,00	9188628,34	6	0,50	0,60	0,45	0,50	0,50	0,51	30,60	180,00
		699201,00	9189128,36	7	0,60	1,25	1,55	0,85	0,80	1,01	60,60	45,00
	700178,59	9189304,25	8	0,70	0,65	1,50	0,55	1,15	0,91	54,60	45,00	
	Sabtu, 30/3/2019	695226,95	9188744,55	1	0,60	0,95	0,80	0,95	1,05	0,87	52,20	157,50
		696222,64	9188296,28	2	0,55	0,60	0,55	0,70	1,40	0,76	45,60	112,50
		696541,14	9188279,62	3	0,80	0,60	0,65	0,55	0,80	0,68	40,80	112,50

Cluster	Tanggal	Posisi		Titik	Kecepatan Angin (m/s)					V rata - rata (m/s)	Panjang sisi box (m)	Arah box (°)
		x	y		06.00	09.00	12.00	15.00	18.00			
		696719,98	9188493,52	4	0,50	0,50	0,50	0,85	1,90	0,85	51,00	157,50
		698385,27	9188741,26	5	0,55	1,15	2,05	1,70	0,80	1,25	75,00	337,50
		698184,00	9188628,34	6	0,50	0,45	0,80	0,85	0,75	0,67	40,20	337,50
		699201,00	9189128,36	7	0,55	2,00	1,85	1,05	0,80	1,25	75,00	67,50
		700178,59	9189304,25	8	0,45	1,60	1,95	0,65	0,80	1,09	65,40	22,50
	Minggu, 31/3/2019	695226,95	9188744,55	1	1,00	1,15	0,90	0,70	2,10	1,17	70,20	67,50
		696222,64	9188296,28	2	1,05	0,90	1,05	1,00	1,00	1,00	60,00	22,50
		696541,14	9188279,62	3	0,70	1,05	1,35	0,85	1,30	1,05	63,00	135,00
		696719,98	9188493,52	4	0,50	0,50	0,95	1,75	1,15	0,97	58,20	157,50
		698385,27	9188741,26	5	0,70	0,80	1,35	1,25	0,80	0,98	58,80	337,50
		698184,00	9188628,34	6	0,45	0,70	0,70	0,75	0,70	0,66	39,60	337,50
		699201,00	9189128,36	7	0,95	0,60	1,75	1,85	0,85	1,20	72,00	67,50
		700178,59	9189304,25	8	0,65	1,15	1,35	1,90	0,75	1,16	69,60	315,00

Tabel 3.2 Hasil Pengukuran Kecepatan dan Arah Angin Unit Analisis Cluster II (Tipe Permukiman Menengah)

Cluster	Tanggal	Posisi		Titik	Kecepatan Angin (m/s)					V rata - rata (m/s)	Panjang sisi box (m)	Arah box (°)
		x	y		06.00	09.00	12.00	15.00	18.00			
Cluster II (Tipe Permukiman Menengah)	Senin, 25/3/2019	696150,65	9188816,42	1	0,80	0,95	0,95	0,80	0,65	0,83	49,80	337,50
		695904,58	9189013,17	2	0,60	1,15	1,95	1,05	0,60	1,07	64,20	157,50
		695567,87	9189016,46	3	0,65	0,85	1,40	0,80	0,60	0,86	51,60	225,00
		695843,08	9188533,24	4	0,70	1,25	0,60	1,05	0,60	0,84	50,40	67,50
		699097,29	9188396,74	5	0,90	1,15	1,55	1,50	0,90	1,20	72,00	337,50

Cluster	Tanggal	Posisi		Titik	Kecepatan Angin (m/s)					V rata - rata (m/s)	Panjang sisi box (m)	Arah box (°)
		x	y		06.00	09.00	12.00	15.00	18.00			
Selasa, 26/3/2019	699024,63	9188478,40	6	1,20	1,25	1,80	0,70	0,75	1,14	68,40	45,00	
	700156,57	9188845,96	7	1,35	1,00	0,65	1,15	1,60	1,15	69,00	157,50	
	700030,40	9188728,37	8	0,55	0,95	0,85	0,85	0,70	0,78	46,80	67,50	
	696150,65	9188816,42	1	0,55	0,70	0,80	0,60	0,50	0,63	37,80	67,50	
	695904,58	9189013,17	2	0,65	1,65	1,15	1,00	0,50	0,99	59,40	67,50	
	695567,87	9189016,46	3	0,45	1,05	1,10	0,85	0,50	0,79	47,40	22,50	
	695843,08	9188533,24	4	0,50	1,65	0,70	0,60	0,45	0,78	46,80	45,00	
	699097,29	9188396,74	5	0,45	0,55	1,20	0,55	1,15	0,78	46,80	135,00	
	699024,63	9188478,40	6	0,55	0,55	1,75	0,90	0,65	0,88	52,80	90,00	
Rabu, 27/3/2019	700156,57	9188845,96	7	0,60	0,95	1,15	0,90	0,80	0,88	52,80	45,00	
	700030,40	9188728,37	8	0,60	3,15	1,70	0,90	0,85	1,44	86,40	22,50	
	696150,65	9188816,42	1	0,60	0,50	1,15	1,25	0,50	0,80	48,00	270,00	
	695904,58	9189013,17	2	0,50	1,20	1,90	1,75	0,50	1,17	70,20	180,00	
	695567,87	9189016,46	3	0,45	0,60	0,90	0,80	0,60	0,67	40,20	22,50	
	695843,08	9188533,24	4	0,45	1,35	0,50	1,00	0,55	0,77	46,20	180,00	
	699097,29	9188396,74	5	0,90	0,60	0,70	0,95	0,50	0,73	43,80	112,50	
	699024,63	9188478,40	6	0,70	0,55	1,15	0,90	0,80	0,82	49,20	67,50	
	700156,57	9188845,96	7	0,50	0,55	1,00	0,85	0,60	0,70	42,00	45,00	
Kamis, 28/3/2019	700030,40	9188728,37	8	0,50	1,05	0,70	0,70	1,05	0,80	48,00	90,00	
	696150,65	9188816,42	1	0,55	1,90	1,10	1,35	0,50	1,08	64,80	292,50	
	695904,58	9189013,17	2	1,05	1,35	1,20	2,45	0,50	1,31	78,60	270,00	
	695567,87	9189016,46	3	0,70	1,90	1,15	3,30	0,50	1,51	90,60	292,50	
	695843,08	9188533,24	4	0,65	0,95	1,15	0,50	0,45	0,74	44,40	315,00	
	699097,29	9188396,74	5	2,50	1,80	0,90	0,60	0,50	1,26	75,60	315,00	
	699024,63	9188478,40	6	1,15	1,15	1,85	0,65	0,50	1,06	63,60	225,00	

Cluster	Tanggal	Posisi		Titik	Kecepatan Angin (m/s)					V rata - rata (m/s)	Panjang sisi box (m)	Arah box (°)
		x	y		06.00	09.00	12.00	15.00	18.00			
		700156,57	9188845,96		7	1,95	2,10	0,95	1,10			
700030,40	9188728,37	8	1,05	0,95	0,80	1,10	0,90	0,96	57,60	135,00		
Jumat, 29/3/2019	696150,65	9188816,42	1	0,50	0,85	0,70	0,60	0,70	0,67	40,20	337,50	
	695904,58	9189013,17	2	0,50	1,05	0,80	1,15	0,80	0,86	51,60	270,00	
	695567,87	9189016,46	3	0,95	0,85	0,70	1,55	0,75	0,96	57,60	157,50	
	695843,08	9188533,24	4	0,80	0,60	0,55	0,50	0,60	0,61	36,60	337,50	
	699097,29	9188396,74	5	0,50	0,90	1,10	0,85	0,75	0,82	49,20	225,00	
	699024,63	9188478,40	6	0,50	1,70	0,65	0,75	0,80	0,88	52,80	45,00	
	700156,57	9188845,96	7	0,90	0,90	1,20	0,90	0,85	0,95	57,00	45,00	
	700030,40	9188728,37	8	0,75	0,75	1,75	0,80	1,05	1,02	61,20	67,50	
Sabtu, 30/3/2019	696150,65	9188816,42	1	0,65	0,70	0,50	0,70	0,70	0,65	39,00	337,50	
	695904,58	9189013,17	2	0,60	0,95	0,80	1,15	0,80	0,86	51,60	292,50	
	695567,87	9189016,46	3	0,50	1,45	0,55	1,80	0,65	0,99	59,40	315,00	
	695843,08	9188533,24	4	0,50	0,55	0,55	0,70	1,20	0,70	42,00	337,50	
	699097,29	9188396,74	5	0,55	0,85	1,60	0,85	0,85	0,94	56,40	315,00	
	699024,63	9188478,40	6	0,50	0,65	1,95	0,65	0,95	0,94	56,40	157,50	
	700156,57	9188845,96	7	0,45	0,75	1,75	1,00	0,75	0,94	56,40	22,50	
700030,40	9188728,37	8	0,55	1,15	1,40	0,50	0,70	0,86	51,60	22,50		
Minggu, 31/3/2019	696150,65	9188816,42	1	0,50	1,35	0,85	1,20	2,00	1,18	70,80	315,00	
	695904,58	9189013,17	2	0,45	1,00	0,75	1,20	1,85	1,05	63,00	315,00	
	695567,87	9189016,46	3	0,60	0,75	1,00	1,00	1,95	1,06	63,60	315,00	
	695843,08	9188533,24	4	0,65	0,50	0,50	0,90	1,10	0,73	43,80	112,50	
	699097,29	9188396,74	5	0,50	0,85	2,15	1,95	0,85	1,26	75,60	315,00	
	699024,63	9188478,40	6	0,45	1,05	1,05	1,85	1,00	1,08	64,80	225,00	
700156,57	9188845,96	7	0,75	0,85	1,45	1,10	0,75	0,98	58,80	22,50		

Cluster	Tanggal	Posisi		Titik	Kecepatan Angin (m/s)					V rata - rata (m/s)	Panjang sisi box (m)	Arah box (°)
		x	y		06.00	09.00	12.00	15.00	18.00			
		700030,40	9188728,37		8	0,70	1,40	1,05	1,35			

Tabel 3.3 Hasil Pengukuran Kecepatan dan Arah Angin Unit Analisis Cluster III (Tipe Permukiman Mewah)

Cluster	Tanggal	Posisi		Titik	Kecepatan Angin (m/s)					V rata - rata (m/s)	Panjang sisi box (m)	Arah box (°)
		x	y		06.00	09.00	12.00	15.00	18.00			
		Cluster III (Tipe Permukiman Mewah)	Senin, 25/3/2019		697110,71	9189147,46	1	0,75	1,70			
697098,13	9188690,88			2	0,60	1,70	1,55	1,65	0,60	1,22	73,20	225,00
697405,83	9188700,05			3	0,60	0,70	1,75	0,70	0,60	0,87	52,20	292,50
697199,21	9188423,93			4	0,60	0,75	1,25	0,75	0,65	0,80	48,00	202,50
698482,19	9187983,76			5	1,40	1,15	1,40	1,35	0,65	1,19	71,40	202,50
699958,54	9188903,41			6	0,65	1,05	0,70	1,10	0,80	0,86	51,60	135,00
696544,83	9189182,37			7	0,50	1,60	1,10	1,35	0,70	1,05	63,00	157,50
699593,16	9188704,75			8	1,20	1,55	0,85	1,10	1,40	1,22	73,20	337,50
Selasa, 26/3/2019	697110,71		9189147,46	1	0,90	1,60	1,60	0,60	0,70	1,08	64,80	112,50
	697098,13		9188690,88	2	0,85	1,40	0,85	0,85	0,55	0,90	54,00	225,00
	697405,83		9188700,05	3	0,70	0,95	1,15	1,15	0,70	0,93	55,80	67,50
	697199,21		9188423,93	4	0,80	1,30	1,80	0,55	0,70	1,03	61,80	112,50
	698482,19		9187983,76	5	0,80	1,85	2,00	1,60	0,50	1,35	81,00	67,50
	699958,54		9188903,41	6	0,90	0,70	1,65	1,15	0,70	1,02	61,20	90,00
	696544,83		9189182,37	7	0,50	0,85	0,70	0,95	0,50	0,70	42,00	67,50
	699593,16		9188704,75	8	0,80	1,10	1,40	1,25	1,45	1,20	72,00	270,00
Rabu, 27/3/2019	697110,71		9189147,46	1	0,50	1,05	1,65	1,25	0,70	1,03	61,80	315,00
	697098,13		9188690,88	2	0,70	1,10	1,55	0,90	1,65	1,18	70,80	67,50



Cluster	Tanggal	Posisi		Titik	Kecepatan Angin (m/s)					V rata - rata (m/s)	Panjang sisi box (m)	Arah box (°)
		x	y		06.00	09.00	12.00	15.00	18.00			
		697405,83	9188700,05		3	0,80	0,60	0,85	0,90			
697199,21	9188423,93	4	0,50	0,70	1,03	1,30	1,20	0,95	56,70	315,00		
698482,19	9187983,76	5	0,60	1,50	1,95	1,00	1,10	1,23	73,80	315,00		
699958,54	9188903,41	6	1,05	1,10	1,50	1,65	1,65	1,39	83,40	67,50		
696544,83	9189182,37	7	0,50	0,70	1,05	1,30	0,85	0,88	52,80	67,50		
699593,16	9188704,75	8	1,50	1,15	1,60	0,80	0,65	1,14	68,40	90,00		
697110,71	9189147,46	1	1,95	1,40	1,55	2,35	0,75	1,60	96,00	247,50		
697098,13	9188690,88	2	1,75	1,60	1,65	0,85	0,60	1,29	77,40	292,50		
697405,83	9188700,05	3	1,60	0,60	1,75	0,95	1,80	1,34	80,40	337,50		
697199,21	9188423,93	4	1,15	0,90	0,50	0,70	0,50	0,75	45,00	315,00		
698482,19	9187983,76	5	1,75	1,60	1,50	1,25	0,60	1,34	80,40	315,00		
699958,54	9188903,41	6	0,70	2,10	1,00	0,50	1,40	1,14	68,40	202,50		
696544,83	9189182,37	7	1,15	1,50	1,25	1,00	0,50	1,08	64,80	270,00		
699593,16	9188704,75	8	1,35	1,90	1,15	1,00	1,25	1,33	79,80	225,00		
697110,71	9189147,46	1	0,55	0,85	1,40	1,05	0,85	0,94	56,40	247,50		
697098,13	9188690,88	2	0,50	1,55	0,75	1,80	1,40	1,20	72,00	337,50		
697405,83	9188700,05	3	0,45	0,65	1,45	0,70	1,55	0,96	57,60	337,50		
697199,21	9188423,93	4	0,45	0,75	0,60	0,70	0,90	0,68	40,80	45,00		
698482,19	9187983,76	5	0,50	1,95	2,00	0,85	2,20	1,50	90,00	67,50		
699958,54	9188903,41	6	0,50	0,85	2,45	0,50	1,30	1,12	67,20	45,00		
696544,83	9189182,37	7	0,85	0,65	0,55	0,50	0,75	0,66	39,60	45,00		
699593,16	9188704,75	8	0,90	0,70	0,65	0,75	0,75	0,75	45,00	90,00		
697110,71	9189147,46	1	0,65	0,80	1,15	1,05	0,95	0,92	55,20	292,50		
697098,13	9188690,88	2	0,50	1,10	1,40	1,00	0,70	0,94	56,40	157,50		
697405,83	9188700,05	3	0,55	0,50	0,70	0,55	0,45	0,55	33,00	22,50		

Cluster	Tanggal	Posisi		Titik	Kecepatan Angin (m/s)					V rata - rata (m/s)	Panjang sisi box (m)	Arah box (°)
		x	y		06.00	09.00	12.00	15.00	18.00			
		697199,21	9188423,93		4	0,50	1,20	0,45	0,50			
698482,19	9187983,76	5	0,45	0,90	1,65	1,30	0,45	0,95	57,00	67,50		
699958,54	9188903,41	6	0,45	1,35	1,45	0,65	0,80	0,94	56,40	45,00		
696544,83	9189182,37	7	0,45	0,85	0,70	0,85	0,85	0,74	44,40	337,50		
699593,16	9188704,75	8	0,55	1,00	1,25	1,00	1,20	1,00	60,00	315,00		
697110,71	9189147,46	1	0,60	0,85	1,55	1,30	0,85	1,03	61,80	247,50		
697098,13	9188690,88	2	0,65	1,05	1,05	1,70	0,80	1,05	63,00	157,50		
697405,83	9188700,05	3	0,45	0,80	1,30	0,95	0,50	0,80	48,00	337,50		
697199,21	9188423,93	4	0,65	0,70	1,15	0,55	0,65	0,74	44,40	67,50		
698482,19	9187983,76	5	0,65	0,60	1,35	1,15	0,55	0,86	51,60	22,50		
699958,54	9188903,41	6	0,50	0,55	1,65	1,65	1,30	1,13	67,80	202,50		
696544,83	9189182,37	7	0,90	0,85	1,00	0,85	0,85	0,89	53,40	157,50		
699593,16	9188704,75	8	1,40	1,40	1,85	1,90	1,10	1,53	91,80	315,00		

Tabel 3.4 Hasil Perhitungan Kecepatan dan Arah Angin Rata – Rata 24 Unit Analisis

Lokasi	Titik	Posisi		Kecepatan Angin (m/s)							V Rata - rata (m/s)	L Box (m)	Luas (m <sup>2</sup> )
		X	Y	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu			
Cluster I (Tipe Permukiman Sederhana)	1	695226,95	9188744,55	0,86	1,08	0,89	1,03	0,88	0,87	1,17	1,00	60,0	3600,00
	2	696222,64	9188296,28	0,89	0,90	0,75	1,21	0,63	0,76	1,00	0,90	54,0	2916,00
	3	696541,14	9188279,62	0,97	0,93	0,84	0,93	0,85	0,68	1,05	0,90	54,0	2916,00
	4	696719,98	9188493,52	0,98	1,03	0,79	1,40	1,04	0,85	0,97	1,00	60,0	3600,00
	5	698385,27	9188741,26	1,27	1,35	0,91	1,22	1,42	1,25	0,98	1,20	72,0	5184,00
	6	698184,00	9188628,34	0,83	1,02	0,57	0,80	0,51	0,67	0,66	0,70	42,0	1764,00
	7	699201,00	9189128,36	1,31	0,70	1,42	1,46	1,01	1,25	1,20	1,20	72,0	5184,00
	8	700178,59	9189304,25	1,48	1,20	0,89	1,50	0,91	1,09	1,16	1,20	72,0	5184,00
Cluster II (Tipe Permukiman Menengah)	1	696150,65	9188816,42	0,83	0,63	0,80	1,08	0,67	0,65	1,18	0,80	48,0	2304,00
	2	695904,58	9189013,17	1,07	0,99	1,17	1,31	0,86	0,86	1,05	1,00	60,0	3600,00
	3	695567,87	9189016,46	0,86	0,79	0,67	1,51	0,96	0,99	1,06	1,00	60,0	3600,00
	4	695843,08	9188533,24	0,84	0,78	0,77	0,74	0,61	0,70	0,73	0,70	42,0	1764,00
	5	699097,29	9188396,74	1,20	0,78	0,73	1,26	0,82	0,94	1,26	1,00	60,0	3600,00
	6	699024,63	9188478,40	1,14	0,88	0,82	1,06	0,88	0,94	1,08	1,00	60,0	3600,00
	7	700156,57	9188845,96	1,15	0,88	0,70	1,32	0,95	0,94	0,98	1,00	60,0	3600,00
	8	700030,40	9188728,37	0,78	1,44	0,80	0,96	1,02	0,86	1,05	1,00	60,0	3600,00
Cluster III (Tipe Permukiman Mewah)	1	697110,71	9189147,46	1,16	1,08	1,03	1,60	0,94	0,92	1,03	1,10	66,0	4356,00
	2	697098,13	9188690,88	1,22	0,90	1,18	1,29	1,20	0,94	1,05	1,10	66,0	4356,00
	3	697405,83	9188700,05	0,87	0,93	0,81	1,34	0,96	0,55	0,80	0,90	54,0	2916,00
	4	697199,21	9188423,93	0,80	1,03	0,95	0,75	0,68	0,67	0,74	0,80	48,0	2304,00
	5	698482,19	9187983,76	1,19	1,35	1,23	1,34	1,50	0,95	0,86	1,20	72,0	5184,00
	6	699958,54	9188903,41	0,86	1,02	1,39	1,14	1,12	0,94	1,13	1,10	66,0	4356,00
	7	696544,83	9189182,37	1,05	0,70	0,88	1,08	0,66	0,74	0,89	0,90	54,0	2916,00
	8	699593,16	9188704,75	1,22	1,20	1,14	1,33	0,75	1,00	1,53	1,20	72,0	5184,00

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

**LAMPIRAN 4**  
**DATA HASIL DELINEASI UNIT ANALISIS**

Tabel 4.1 Hasil Delineasi Proporsi Penggunaan Lahan pada 24 Unit Analisis

Lokasi	Titik	Posisi		Proporsi RTH (%)				Penggunaan Lahan (%)				
		X	Y	Semak	Perdu	Pohon	RTH	Bangunan Permukiman	Jalan	Tanah Kosong	Badan Air	Lahan non RTH
<i>Cluster I</i> (Tipe Permukiman Sederhana)	1	695226,95	9188744,55	0,0	0,0	46,3	46,3	35,3	9,2	9,2	0,0	53,7
	2	696222,64	9188296,28	0,0	10,6	15,0	25,6	49,8	15,1	9,5	0,0	74,4
	3	696541,14	9188279,62	0,0	0,0	34,6	34,6	53,1	12,4	0,0	0,0	65,4
	4	696719,98	9188493,52	0,0	7,7	0,0	7,7	43,0	9,7	39,5	0,0	92,3
	5	698385,27	9188741,26	66,9	1,2	6,5	74,6	11,4	13,3	0,7	0,0	25,4
	6	698184,00	9188628,34	0,0	0,0	0,0	0,0	85,3	11,0	3,7	0,0	100,0
	7	699201,00	9189128,36	48,8	0,0	0,0	48,8	35,2	6,2	2,4	7,4	51,2
	8	700178,59	9189304,25	10,7	0,0	89,3	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Cluster II</i> (Tipe Permukiman Menengah)	1	696150,65	9188816,42	0,0	2,2	12,9	15,1	51,1	29,8	0,0	4,1	84,9
	2	695904,58	9189013,17	0,0	0,0	36,7	36,7	18,7	33,2	11,4	0,0	63,3
	3	695592,95	9189034,58	3	0,0	87,0	90,0	10,0	0,0	0,0	0,0	10,0
	4	695843,08	9188533,24	0,0	0,0	14,7	14,7	63,7	21,6	0,0	0,0	85,3
	5	699097,29	9188396,74	0,0	37,0	6,3	43,2	47,1	9,7	0,0	0,0	56,8
	6	699024,63	9188478,4	0,0	17,8	9,7	27,4	44,1	28,4	0,0	0,0	72,6
	7	700156,57	9188845,96	11,1	11,9	12,3	35,4	34,8	21,3	8,5	0,0	64,6
	8	700030,4	9188728,37	0,0	0,0	11,6	11,6	61,3	21,4	5,6	0,0	88,4
	1	697110,71	9189147,46	49,0	1,0	20,5	70,5	0,0	29,5	0,0	0,0	29,5

Lokasi	Titik	Posisi		Proporsi RTH (%)				Penggunaan Lahan (%)				
		X	Y	Semak	Perdu	Pohon	RTH	Bangunan Permukiman	Jalan	Tanah Kosong	Badan Air	Lahan non RTH
Cluster III (Tipe Permukiman Mewah)	2	697098,13	9188690,88	21,3	0,0	22,1	43,4	7,5	49,0	0,0	0,0	56,6
	3	697405,83	9188700,05	2,4	0,0	8,7	11,1	53,2	35,8	0,0	0,0	88,9
	4	697199,21	9188423,93	0,0	0,0	25,4	25,4	31,9	42,6	0,0	0,0	74,6
	5	698482,19	9187983,76	65,5	4,8	0,0	70,3	7,3	22,4	0,0	0,0	29,7
	6	699958,54	9188903,41	0,0	3,8	0,0	3,8	42,5	11,3	0,0	42,5	96,2
	7	696544,83	9189182,37	11,1	0,0	19,9	30,9	26,2	30,5	0,0	12,4	69,1
	8	699593,16	9188704,75	13,2	0,0	5,0	18,2	41,8	40,0	0,0	0,0	81,8
	Rata - rata				12,6	4,1	20,2	36,9	35,6	21,0	3,8	2,8

## LAMPIRAN 5 DATA LAJU KONSENTRASI CO<sub>2</sub>

Tabel 5.1 Nilai Reduksi KCO<sub>2</sub> di Titik 1 Cluster I Kawasan Permukiman Mewah Senin, 25 Maret 2019

Jam	Konsentrasi CO <sub>2</sub>	t	$\Delta C$	$\Delta t$	$\Delta C / \Delta t$
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	344	0	0	0	0
09.00	308	180	-35,80	180	-0,1989
12.00	250	360	-94,10	360	-0,5228
15.00	256	540	-87,40	540	-0,4856
18.00	311	720	-32,70	720	-0,1817

$$\begin{aligned}
 &\Delta t && 180 \\
 &f(t_0) && 0 \\
 &f(t_n) && -0,1817 \\
 &\sum_{i=n}^{n-1} f(c_i) && -1,3889 \\
 &\Delta t/2 && 90 \\
 &2 \times \sum 1 \text{ sp } n && -2,7778 \\
 &f(t_0)+f(t_n)+2 \times \sum 1 \text{ sp } n && -2,9594 \\
 &\mathbf{KCO_2} && \mathbf{-266,4}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.2 Nilai Reduksi KCO<sub>2</sub> di Titik 2 Cluster I Kawasan Permukiman Mewah Senin, 25 Maret 2019

Jam	Konsentrasi CO <sub>2</sub>	t	$\Delta C$	$\Delta t$	$\Delta C / \Delta t$
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	333	0	0	0	0
09.00	294	180	-38,90	180	-0,2161
12.00	241	360	-91,30	360	-0,5072
15.00	270	540	-62,30	540	-0,3461
18.00	307	720	-25,60	720	-0,1422

$$\begin{aligned}
 &\Delta t && 180 \\
 &f(t_0) && 0 \\
 &f(t_n) && -0,1422 \\
 &\sum_{i=n}^{n-1} f(c_i) && -1,2117 \\
 &\Delta t/2 && 90 \\
 &2 \times \sum 1 && - \\
 &\text{sp } n && 2,42333 \\
 &f(t_0)+f(t_n)+2 \times \sum 1 \text{ sp } n && -2,5656 \\
 &\mathbf{KCO_2} && \mathbf{-230,9}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.3 Nilai Reduksi KCO<sub>2</sub> di Titik 3 Cluster I Kawasan Permukiman Mewah Senin, 25 Maret 2019

Jam	Konsentrasi CO <sub>2</sub>	t	ΔC	Δt	ΔC / Δt
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	331	0	0	0	0
09.00	291	180	-40,00	180	-0,2222
12.00	267	360	-63,50	360	-0,3528
15.00	274	540	-56,40	540	-0,3133
18.00	280	720	-50,60	720	-0,2811

$$\begin{aligned}
 &\Delta t && 180 \\
 &f(t_0) && 0 \\
 &f(t_n) && -0,2811 \\
 &\sum_{i=n}^{n-1} f(c_i) && -1,1694 \\
 &\Delta t/2 && 90 \\
 &2 \times \sum 1 && - \\
 &sp\ n && 2,33889 \\
 &f(t_0)+f(t_n)+2 \times \sum 1\ sp\ n && -2,62 \\
 &\mathbf{KCO_2} && \mathbf{-235,8}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.4 Nilai Reduksi KCO<sub>2</sub> di Titik 4 Cluster I Kawasan Permukiman Mewah Senin, 25 Maret 2019

Jam	Konsentrasi CO <sub>2</sub>	t	ΔC	Δt	ΔC / Δt
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	302	0	0	0	0
09.00	240	180	-62,80	180	-0,3489
12.00	222	360	-80,50	360	-0,4472
15.00	246	540	-56,30	540	-0,3128
18.00	266	720	-36,50	720	-0,2028

$$\begin{aligned}
 &\Delta t && 180 \\
 &f(t_0) && 0 \\
 &f(t_n) && -0,2028 \\
 &\sum_{i=n}^{n-1} f(c_i) && -1,3117 \\
 &\Delta t/2 && 90 \\
 &2 \times \sum 1\ sp && - \\
 &n && 2,62333 \\
 &f(t_0)+f(t_n)+2 \times \sum 1\ sp\ n && -2,8261 \\
 &\mathbf{KCO_2} && \mathbf{-254,4}
 \end{aligned}$$



Tabel 5.5 Nilai Reduksi KCO<sub>2</sub> di Titik 5 Cluster I Kawasan Permukiman Mewah Senin, 25 Maret 2019

Jam	Konsentrasi CO <sub>2</sub>	t	ΔC	Δt	ΔC / Δt
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	275	0	0	0	0
09.00	217	180	-58,20	180	-0,3233
12.00	215	360	-60,60	360	-0,3367
15.00	256	540	-19,10	540	-0,1061
18.00	258	720	-17,10	720	-0,0950

$$\Delta t \quad 180$$

$$f(t_0) \quad 0$$

$$f(t_n) \quad -0,0950$$

$$\sum_{i=n}^{n-1} f(c_i) \quad -0,8611$$

$$\Delta t/2 \quad 90$$

$$2 \times \sum 1 \quad -$$

$$\text{sp } n \quad 1,72222$$

$$-$$

$$f(t_0)+f(t_n)+2 \times \sum 1 \text{ sp } n \quad 1,81722$$

$$\text{KCO}_2 \quad -163,6$$

Tabel 5.6 Nilai Reduksi KCO<sub>2</sub> di Titik 6 Cluster I Kawasan Permukiman Mewah Senin, 25 Maret 2019

Jam	Konsentrasi CO <sub>2</sub>	t	ΔC	Δt	ΔC / Δt
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	278	0	0	0	0
09.00	225	180	-53,70	180	-0,2983
12.00	214	360	-64,60	360	-0,3589
15.00	246	540	-32,50	540	-0,1806
18.00	268	720	-10,30	720	-0,0572

$$\Delta t \quad 180$$

$$f(t_0) \quad 0$$

$$f(t_n) \quad -0,0572$$

$$\sum_{i=n}^{n-1} f(c_i) \quad -0,8950$$

$$\Delta t/2 \quad 90$$

$$2 \times \sum 1 \text{ sp } n \quad -1,79$$

$$f(t_0)+f(t_n)+2 \times \sum 1 \text{ sp } n \quad -1,84722$$

$$\text{KCO}_2 \quad -166,3$$

Tabel 5.7 Nilai Reduksi KCO<sub>2</sub> di Titik 7 Cluster I Kawasan Permukiman Mewah Senin, 25 Maret 2019

Jam	Konsentrasi CO <sub>2</sub>	t	ΔC	Δt	ΔC / Δt
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	296	0	0	0	0
09.00	204	180	-91,80	180	-0,5100
12.00	196	360	-99,40	360	-0,5522
15.00	231	540	-64,10	540	-0,3561
18.00	277	720	-18,40	720	-0,1022

$$\begin{aligned} \Delta t & 180 \\ f(t_0) & 0 \\ f(t_n) & -0,1022 \\ \sum_{i=n}^{n-1} f(c_i) & -1,5206 \\ \Delta t/2 & 90 \\ 2 \times \sum 1 \text{ sp } n & -3,04111 \\ f(t_0)+f(t_n)+2 \times \sum 1 \text{ sp } n & -3,14333 \\ \mathbf{KCO_2} & \mathbf{-282,9} \end{aligned}$$

Tabel 5.8 Nilai Reduksi KCO<sub>2</sub> di Titik 8 Cluster I Kawasan Permukiman Mewah Senin, 25 Maret 2019

Jam	Konsentrasi CO <sub>2</sub>	t	ΔC	Δt	ΔC / Δt
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	317	0	0	0	0
09.00	208	180	-109,40	180	-0,6078
12.00	194	360	-123,00	360	-0,6833
15.00	230	540	-86,80	540	-0,4822
18.00	259	720	-58,50	720	-0,3250

$$\begin{aligned} \Delta t & 180 \\ f(t_0) & 0 \\ f(t_n) & -0,3250 \\ \sum_{i=n}^{n-1} f(c_i) & -2,0983 \\ \Delta t/2 & 90 \\ 2 \times \sum 1 \text{ sp } n & -4,19667 \\ f(t_0)+f(t_n)+2 \times \sum 1 \text{ sp } n & -4,52167 \\ \mathbf{KCO_2} & \mathbf{-407} \end{aligned}$$

Tabel 5.9 Nilai Reduksi KCO<sub>2</sub> di Titik 1 Cluster II Kawasan Permukiman Mewah Senin, 25 Maret 2019

Jam	Konsentrasi CO <sub>2</sub>	t	$\Delta C$	$\Delta t$	$\Delta C / \Delta t$
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	300	0	0	0	0
09.00	267	180	-33,30	180	-0,1850
12.00	207	360	-93,30	360	-0,5183
15.00	209	540	-91,30	540	-0,5072
18.00	268	720	-31,60	720	-0,1756

$$\begin{aligned} \Delta t & 180 \\ f(t_0) & 0 \\ f(t_n) & -0,1756 \\ \sum_{i=n}^{n-1} f(c_i) & -1,3861 \\ \Delta t/2 & 90 \\ 2 \times \sum 1 \text{ sp } n & -2,77222 \\ f(t_0)+f(t_n)+2 \times \sum 1 \text{ sp } n & -2,94778 \\ \mathbf{KCO_2} & \mathbf{-265,3} \end{aligned}$$

Tabel 5.10 Nilai Reduksi KCO<sub>2</sub> di Titik 2 Cluster II Kawasan Permukiman Mewah Senin, 25 Maret 2019

Jam	Konsentrasi CO <sub>2</sub>	t	$\Delta C$	$\Delta t$	$\Delta C / \Delta t$
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	274	0	0	0	0
09.00	210	180	-63,90	180	-0,3550
12.00	194	360	-79,70	360	-0,4428
15.00	216	540	-58,30	540	-0,3239
18.00	256	720	-18,10	720	-0,1006

$$\begin{aligned} \Delta t & 180 \\ f(t_0) & 0 \\ f(t_n) & -0,1006 \\ \sum_{i=n}^{n-1} f(c_i) & -1,2222 \\ \Delta t/2 & 90 \\ 2 \times \sum 1 & - \\ \text{sp } n & 2,44444 \\ f(t_0)+f(t_n)+2 \times \sum 1 \text{ sp } n & -2,545 \\ \mathbf{KCO_2} & \mathbf{-229,1} \end{aligned}$$

Tabel 5.11 Nilai Reduksi KCO<sub>2</sub> di Titik 3 Cluster II Kawasan Permukiman Mewah Senin, 25 Maret 2019

Jam	Konsentrasi CO <sub>2</sub>	t	ΔC	Δt	ΔC / Δt
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	301	0	0	0	0
09.00	236	180	-64,10	180	-0,3561
12.00	204	360	-96,30	360	-0,5350
15.00	204	540	-96,60	540	-0,5367
18.00	252	720	-48,40	720	-0,2689

$$\Delta t \quad 180$$

$$f(t_0) \quad 0$$

$$f(t_n) \quad -0,2689$$

$$\sum_{i=n}^{n-1} f(c_i) \quad -1,6967$$

$$\Delta t/2 \quad 90$$

$$2 \times \Sigma 1 \quad -$$

$$sp \ n \quad 3,39333$$

$$-$$

$$f(t_0)+f(t_n)+2 \times \Sigma 1 \ sp \ n \quad 3,66222$$

$$\mathbf{KCO_2} \quad \mathbf{-329,6}$$

Tabel 5.12 Nilai Reduksi KCO<sub>2</sub> di Titik 4 Cluster II Kawasan Permukiman Mewah Senin, 25 Maret 2019

Jam	Konsentrasi CO <sub>2</sub>	t	ΔC	Δt	ΔC / Δt
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	312	0	0	0	0
09.00	235	180	-77,50	180	-0,4306
12.00	203	360	-109,30	360	-0,6072
15.00	215	540	-97,80	540	-0,5433
18.00	274	720	-38,90	720	-0,2161

$$\Delta t \quad 180$$

$$f(t_0) \quad 0$$

$$f(t_n) \quad -0,2161$$

$$\sum_{i=n}^{n-1} f(c_i) \quad -1,7972$$

$$\Delta t/2 \quad 90$$

$$2 \times \Sigma 1 \quad -3,59444$$

$$sp \ n \quad -$$

$$f(t_0)+f(t_n)+2 \times \Sigma 1 \ sp \ n \quad -3,81056$$

$$\mathbf{KCO_2} \quad \mathbf{-343}$$

Tabel 5.13 Nilai Reduksi KCO<sub>2</sub> di Titik 5 Cluster II Kawasan Permukiman Mewah Senin, 25 Maret 2019

Jam	Konsentrasi CO <sub>2</sub>	t	ΔC	Δt	ΔC / Δt
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	283	0	0	0	0
09.00	221	180	-62,80	180	-0,3489
12.00	182	360	-101,50	360	-0,5639
15.00	234	540	-49,40	540	-0,2744
18.00	250	720	-33,10	720	-0,1839

$$\Delta t \quad 180$$

$$f(t_0) \quad 0$$

$$f(t_n) \quad -0,1839$$

$$\sum_{i=n}^{n-1} f(c_i) \quad -1,3711$$

$$\Delta t/2 \quad 90$$

$$2 \times \sum 1 \quad -2,74222$$

$$\text{sp } n$$

$$f(t_0)+f(t_n)+2 \times \sum 1 \text{ sp } n \quad -2,92611$$

$$\mathbf{KCO_2} \quad \mathbf{-263,4}$$

Tabel 5.14 Nilai Reduksi KCO<sub>2</sub> di Titik 6 Cluster II Kawasan Permukiman Mewah Senin, 25 Maret 2019

Jam	Konsentrasi CO <sub>2</sub>	t	ΔC	Δt	ΔC / Δt
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	266	0	0	0	0
09.00	238	180	-28,10	180	-0,1561
12.00	198	360	-68,30	360	-0,3794
15.00	219	540	-47,10	540	-0,2617
18.00	256	720	-10,70	720	-0,0594

$$\Delta t \quad 180$$

$$f(t_0) \quad 0$$

$$f(t_n) \quad -0,0594$$

$$\sum_{i=n}^{n-1} f(c_i) \quad -0,8567$$

$$\Delta t/2 \quad 90$$

$$2 \times \sum 1 \quad -1,71333$$

$$\text{sp } n$$

$$f(t_0)+f(t_n)+2 \times \sum 1 \text{ sp } n \quad -1,7728$$

$$\mathbf{KCO_2} \quad \mathbf{-159,6}$$

Tabel 5.15 Nilai Reduksi KCO<sub>2</sub> di Titik 7 Cluster II Kawasan Permukiman Mewah Senin, 25 Maret 2019

Jam	Konsentrasi CO <sub>2</sub>	t	ΔC	Δt	ΔC / Δt
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	306	0	0	0	0
09.00	221	180	-85,50	180	-0,4750
12.00	201	360	-105,50	360	-0,5861
15.00	219	540	-87,40	540	-0,4856
18.00	238	720	-68,10	720	-0,3783

$$\begin{aligned}
 \Delta t & 180 \\
 f(t_0) & 0 \\
 f(t_n) & -0,3783 \\
 \sum_{i=n}^{n-1} f(c_i) & -1,9250 \\
 \Delta t/2 & 90 \\
 2 \times \sum 1 \text{ sp } n & -3,85 \\
 f(t_0)+f(t_n)+2 \times \sum 1 \text{ sp } n & -4,22833 \\
 \mathbf{KCO_2} & \mathbf{-380,6}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.16 Nilai Reduksi KCO<sub>2</sub> di Titik 8 Cluster II Kawasan Permukiman Mewah Senin, 25 Maret 2019

Jam	Konsentrasi CO <sub>2</sub>	t	ΔC	Δt	ΔC / Δt
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	242	0	0	0	0
09.00	232	180	-10,20	180	-0,0567
12.00	221	360	-21,40	360	-0,1189
15.00	231	540	-11,20	540	-0,0622
18.00	234	720	-8,30	720	-0,0461

$$\begin{aligned}
 \Delta t & 180 \\
 f(t_0) & 0 \\
 f(t_n) & -0,0461 \\
 \sum_{i=n}^{n-1} f(c_i) & -0,2839 \\
 \Delta t/2 & 90 \\
 2 \times \sum 1 \text{ sp } n & -0,56778 \\
 f(t_0)+f(t_n)+2 \times \sum 1 \text{ sp } n & -0,61389 \\
 \mathbf{KCO_2} & \mathbf{-55,2}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.17 Nilai Reduksi KCO<sub>2</sub> di Titik 1 Cluster III Kawasan Permukiman Mewah Senin, 25 Maret 2019

Jam	Konsentrasi CO <sub>2</sub>	t	ΔC	Δt	ΔC / Δt
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	310	0	0	0	0
09.00	219	180	-91,20	180	-0,5067
12.00	189	360	-120,70	360	-0,6706
15.00	233	540	-76,90	540	-0,4272
18.00	256	720	-54,40	720	-0,3022

$$\begin{aligned} \Delta t &= 180 \\ f(t_0) &= 0 \\ f(t_n) &= -0,3022 \\ \sum_{i=n}^{n-1} f(c_i) &= -1,9067 \\ \Delta t/2 &= 90 \\ 2 \times \sum 1 \text{ sp } n &= -3,81333 \\ f(t_0)+f(t_n)+2 \times \sum 1 \text{ sp } n &= -4,11556 \\ \mathbf{KCO_2} &= \mathbf{-370,4} \end{aligned}$$

Tabel 5.18 Nilai Reduksi KCO<sub>2</sub> di Titik 2 Cluster III Kawasan Permukiman Mewah Senin, 25 Maret 2019

Jam	Konsentrasi CO <sub>2</sub>	t	ΔC	Δt	ΔC / Δt
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	277	0	0	0	0
09.00	226	180	-51,00	180	-0,2833
12.00	199	360	-78,40	360	-0,4356
15.00	250	540	-27,80	540	-0,1544
18.00	282	720	4,10	720	0,0228

$$\begin{aligned} \Delta t &= 180 \\ f(t_0) &= 0 \\ f(t_n) &= 0,0228 \\ \sum_{i=n}^{n-1} f(c_i) &= -0,8506 \\ \Delta t/2 &= 90 \\ 2 \times \sum 1 &= - \\ \text{sp } n &= 1,70111 \\ - &= - \\ f(t_0)+f(t_n)+2 \times \sum 1 \text{ sp } n &= 1,67833 \\ \mathbf{KCO_2} &= \mathbf{-151,1} \end{aligned}$$

Tabel 5.19 Nilai Reduksi KCO<sub>2</sub> di Titik 3 Cluster III Kawasan Permukiman Mewah Senin, 25 Maret 2019

Jam	Konsentrasi CO <sub>2</sub>	t	ΔC	Δt	ΔC / Δt
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	302	0	0	0	0
09.00	236	180	-65,40	180	-0,3633
12.00	212	360	-89,80	360	-0,4989
15.00	214	540	-87,90	540	-0,4883
18.00	398	720	95,90	720	0,5328

$$\begin{aligned} \Delta t & 180 \\ f(t_0) & 0 \\ f(t_n) & 0,5328 \end{aligned}$$

$$\sum_{i=n}^{n-1} f(c_i) \quad -0,8178$$

$$\begin{aligned} \Delta t/2 & 90 \\ 2 \times \sum 1 & - \\ sp \ n & 1,63556 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f(t_0)+f(t_n)+2 \times \sum 1 \ sp \ n & 1,10278 \\ \mathbf{KCO_2} & \mathbf{-99,3} \end{aligned}$$

Tabel 5.20 Nilai Reduksi KCO<sub>2</sub> di Titik 4 Cluster III Kawasan Permukiman Mewah Senin, 25 Maret 2019

Jam	Konsentrasi CO <sub>2</sub>	t	ΔC	Δt	ΔC / Δt
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	292	0	0	0	0
09.00	264	180	-27,70	180	-0,1539
12.00	225	360	-67,20	360	-0,3733
15.00	259	540	-32,40	540	-0,1800
18.00	273	720	-18,60	720	-0,1033

$$\begin{aligned} \Delta t & 180 \\ f(t_0) & 0 \\ f(t_n) & -0,1033 \end{aligned}$$

$$\sum_{i=n}^{n-1} f(c_i) \quad -0,8106$$

$$\begin{aligned} \Delta t/2 & 90 \\ 2 \times \sum 1 & - \\ sp \ n & -1,6211 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f(t_0)+f(t_n)+2 \times \sum 1 \ sp \ n & -1,7244 \\ \mathbf{KCO_2} & \mathbf{-155,2} \end{aligned}$$



Tabel 5.21 Nilai Reduksi KCO<sub>2</sub> di Titik 5 Cluster III Kawasan Permukiman Mewah Senin, 25 Maret 2019

Jam	Konsentrasi CO <sub>2</sub>	t	$\Delta C$	$\Delta t$	$\Delta C / \Delta t$
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	276	0	0	0	0
09.00	252	180	-24,00	180	-0,1333
12.00	227	360	-48,60	360	-0,2700
15.00	232	540	-43,90	540	-0,2439
18.00	251	720	-24,60	720	-0,1367

$$\begin{aligned} \Delta t & 180 \\ f(t_0) & 0 \\ f(t_n) & -0,1367 \end{aligned}$$

$$\sum_{i=n}^{n-1} f(c_i) \quad -0,7839$$

$$\begin{aligned} \Delta t/2 & 90 \\ 2 \times \sum 1 & - \\ sp \ n & 1,56778 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f(t_0)+f(t_n)+2 \times \sum 1 \ sp \ n & 1,70444 \\ \mathbf{KCO_2} & \mathbf{-153,4} \end{aligned}$$

Tabel 5.22 Nilai Reduksi KCO<sub>2</sub> di Titik 6 Cluster III Kawasan Permukiman Mewah Senin, 25 Maret 2019

Jam	Konsentrasi CO <sub>2</sub>	t	$\Delta C$	$\Delta t$	$\Delta C / \Delta t$
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	269	0	0	0	0
09.00	226	180	-42,60	180	-0,2367
12.00	219	360	-50,00	360	-0,2778
15.00	220	540	-49,00	540	-0,2722
18.00	295	720	26,80	720	0,1489

$$\begin{aligned} \Delta t & 180 \\ f(t_0) & 0 \\ f(t_n) & 0,1489 \end{aligned}$$

$$\sum_{i=n}^{n-1} f(c_i) \quad -0,6378$$

$$\begin{aligned} \Delta t/2 & 90 \\ 2 \times \sum 1 \ sp \ n & -1,27556 \\ f(t_0)+f(t_n)+2 \times \sum 1 \ sp \ n & -1,12667 \\ \mathbf{KCO_2} & \mathbf{-101,4} \end{aligned}$$

Tabel 5.23 Nilai Reduksi KCO<sub>2</sub> di Titik 7 Cluster III Kawasan Permukiman Mewah Senin, 25 Maret 2019

Jam	Konsentrasi CO <sub>2</sub>	t	ΔC	Δt	ΔC / Δt
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	286	0	0	0	0
09.00	252	180	-33,90	180	-0,1883
12.00	197	360	-88,80	360	-0,4933
15.00	200	540	-86,00	540	-0,4778
18.00	298	720	12,60	720	0,0700

$$\begin{aligned} \Delta t &= 180 \\ f(t_0) &= 0 \\ f(t_n) &= 0,0700 \\ \sum_{i=n}^{n-1} f(c_i) &= -1,0894 \\ \Delta t/2 &= 90 \\ 2 \times \sum 1 \text{ sp } n &= -2,17889 \\ f(t_0)+f(t_n)+2 \times \sum 1 \text{ sp } n &= -2,10889 \\ \mathbf{KCO_2} &= \mathbf{-189,8} \end{aligned}$$

Tabel 5.24 Nilai Reduksi KCO<sub>2</sub> di Titik 8 Cluster III Kawasan Permukiman Mewah Senin, 25 Maret 2019

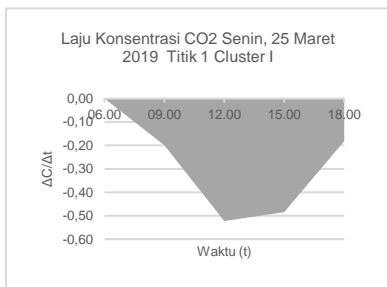
Jam	Konsentrasi CO <sub>2</sub>	t	ΔC	Δt	ΔC / Δt
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	299	0	0	0	0
09.00	235	180	-64,30	180	-0,3572
12.00	204	360	-95,30	360	-0,5294
15.00	211	540	-88,70	540	-0,4928
18.00	250	720	-49,60	720	-0,2756

$$\begin{aligned} \Delta t &= 180 \\ f(t_0) &= 0 \\ f(t_n) &= -0,2756 \\ \sum_{i=n}^{n-1} f(c_i) &= -1,6550 \\ \Delta t/2 &= 90 \\ 2 \times \sum 1 \text{ sp } n &= -3,31 \\ f(t_0)+f(t_n)+2 \times \sum 1 \text{ sp } n &= -3,58556 \\ \mathbf{KCO_2} &= \mathbf{-322,7} \end{aligned}$$

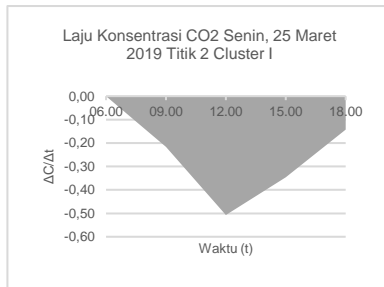
Tabel 5.25 Nilai Net\_CO<sub>2</sub> Data Seri Waktu

Lokasi	Titik	Posisi		Elevasi	Net_CO <sub>2</sub>							Rata - rata	Rata - Rata per Cluster
		X	Y		Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu		
Cluster I (Tipe Permukiman Sederhana)	1	695226,95	9188744,55	4	-266,4	-266,6	-282,8	-191,1	-235,6	-109,8	-372,6	-246,4	-265,2
	2	696222,64	9188296,28	6	-230,9	-228,5	-248,9	-243,2	-190,2	-153,8	-254,7	-221,4	
	3	696541,14	9188279,62	7	-235,8	-256,3	-53,8	-197,0	-194,4	-248,5	-366,0	-221,6	
	4	696719,98	9188493,52	4	-254,4	-230,1	-232,1	-161,5	-208,9	-222,8	-323,2	-233,3	
	5	698385,27	9188741,26	4	-163,6	-352,1	-182,4	-532,0	-344,3	-397,6	-278,9	-321,5	
	6	698184,00	9188628,34	5	-166,3	-267,2	-5,6	-151,9	-212,3	-299,4	-363,9	-209,5	
	7	699201,00	9189128,36	5	-282,9	-263,3	-218,8	-284,1	-435,5	-410,2	-159,7	-293,5	
	8	700178,59	9189304,25	5	-407,0	-382,0	-381,9	-330,1	-444,6	-296,2	-376,5	-374,0	
Cluster II (Tipe Permukiman Menengah)	1	696150,65	9188816,42	5	-265,3	-268,3	-197,2	-186,5	-196,3	-187,4	-474,8	-253,7	-263,1
	2	695904,58	9189013,17	4	-229,1	-226,3	-251,2	-235,0	-171,2	-206,5	-659,4	-282,6	
	3	695592,95	9189034,58	4	-329,6	-425,9	-460,3	-259,8	-198,6	-210,7	-378,0	-323,3	
	4	695843,08	9188533,24	6	-343,0	-208,6	-257,6	-19,3	-5,0	-333,4	-464,5	-233,0	
	5	699097,29	9188396,74	5	-263,4	-406,8	-225,5	-243,1	-368,2	-265,6	-308,6	-297,3	
	6	699024,63	9188478,40	5	-159,6	-431,0	-143,5	-173,4	-446,5	-263,7	-299,6	-273,9	
	7	700156,57	9188845,96	6	-380,6	-285,2	-253,1	-156,7	-352,3	-388,7	-137,8	-279,2	
	8	700030,40	9188728,37	6	-55,2	-120,4	-150,8	-62,9	-279,7	-291,0	-171,5	-161,6	
Cluster III (Tipe Permukiman Mewah)	1	697110,71	9189147,46	3	-370,4	-326,6	-270,2	-292,4	-273,3	-283,1	-334,0	-307,1	-237,5
	2	697098,13	9188690,88	5	-151,1	-278,7	-148,1	-112,0	-394,3	-562,9	-248,3	-270,7	
	3	697405,83	9188700,05	5	-99,3	-236,9	-169,0	-213,2	-194,6	-237,7	-160,2	-187,2	
	4	697199,21	9188423,93	6	-155,2	-107,0	-77,6	-119,9	-305,2	-357,9	-241,7	-194,9	
	5	698482,19	9187983,76	6	-153,4	-178,4	-243,3	-207,8	-519,1	-447,5	-393,1	-306,1	
	6	699958,54	9188903,41	5	-101,4	-189,5	-172,4	-50,6	-312,5	-320,3	-147,9	-184,9	
	7	696544,83	9189182,37	5	-189,8	-296,3	-199,0	-283,8	-202,0	-184,2	-458,9	-259,1	
	8	699593,16	9188704,75	5	-322,7	-195,6	1,8	-11,5	-410,0	-216,7	-172,9	-189,6	

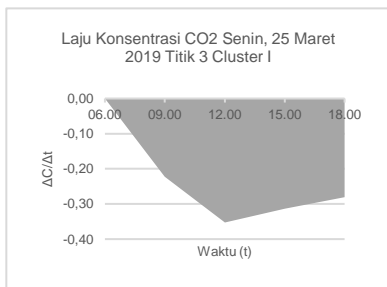
Setelah dilakukan perhitungan, lalu disajikan dalam kurva perubahan laju konsentrasi berikut.



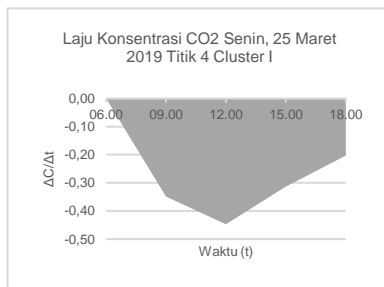
Gambar 5.1 Grafik Laju Konsentrasi CO<sub>2</sub> Titik 1 Cluster I



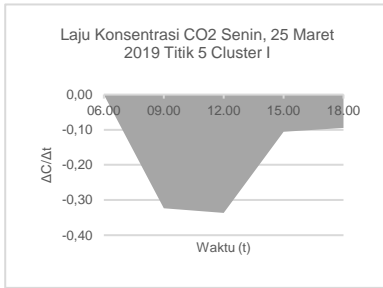
Gambar 5.2 Grafik Laju Konsentrasi CO<sub>2</sub> Titik 2 Cluster I



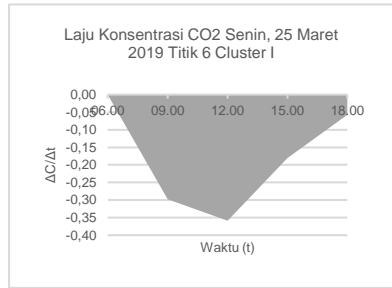
Gambar 5.3 Grafik Laju Konsentrasi CO<sub>2</sub> Titik 3 Cluster I



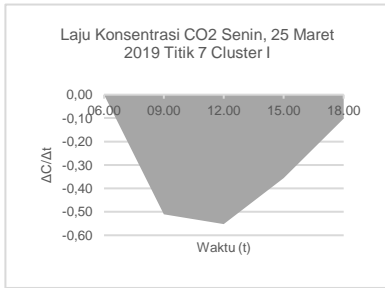
Gambar 5.4 Grafik Laju Konsentrasi CO<sub>2</sub> Titik 4 Cluster I



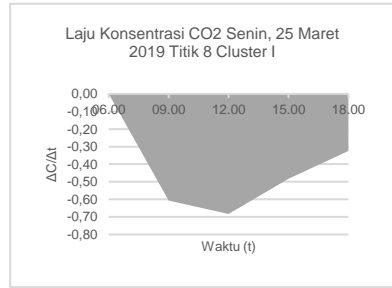
Gambar 5.5 Grafik Laju Konsentrasi  $CO_2$  Titik 5 Cluster I



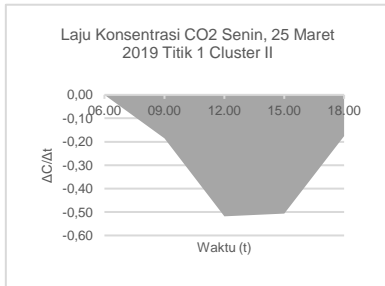
Gambar 5.6 Grafik Laju Konsentrasi  $CO_2$  Titik 6 Cluster I



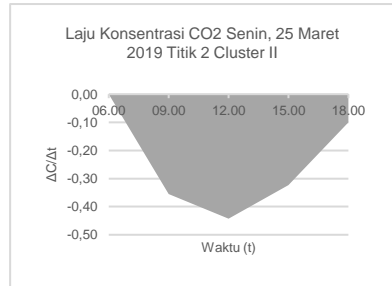
Gambar 5.7 Grafik Laju Konsentrasi  $CO_2$  Titik 7 Cluster I



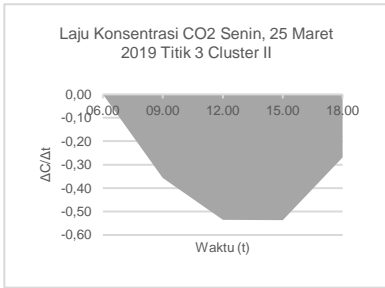
Gambar 5.8 Grafik Laju Konsentrasi  $CO_2$  Titik 8 Cluster I



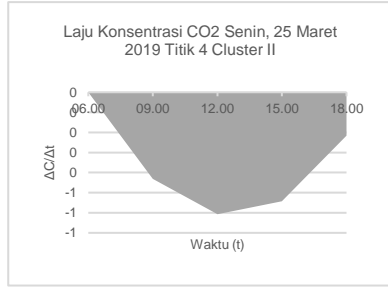
Gambar 5.9 Grafik Laju Konsentrasi  $CO_2$  Titik 1 Cluster II



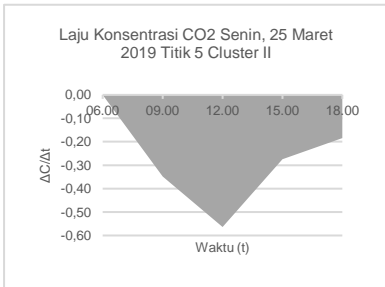
Gambar 5.10 Grafik Laju Konsentrasi  $CO_2$  Titik 2 Cluster II



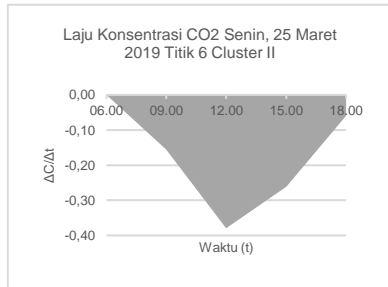
**Gambar 5.11** Grafik Laju Konsentrasi CO<sub>2</sub> Titik 3 *Cluster II*



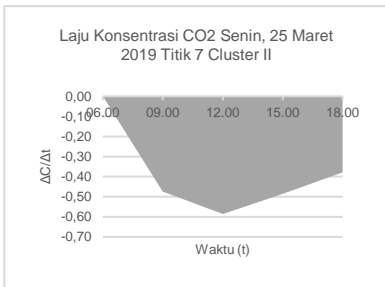
**Gambar 5.12** Grafik Laju Konsentrasi CO<sub>2</sub> Titik 4 *Cluster II*



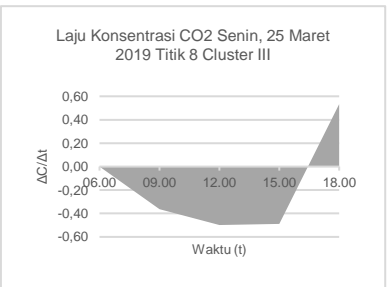
**Gambar 5.13** Grafik Laju Konsentrasi CO<sub>2</sub> Titik 5 *Cluster II*



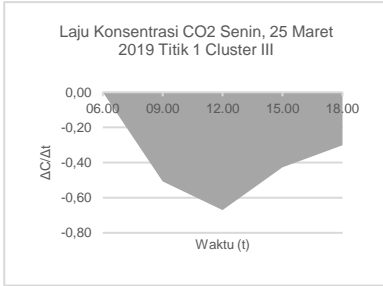
**Gambar 5.14** Grafik Laju Konsentrasi CO<sub>2</sub> Titik 6 *Cluster II*



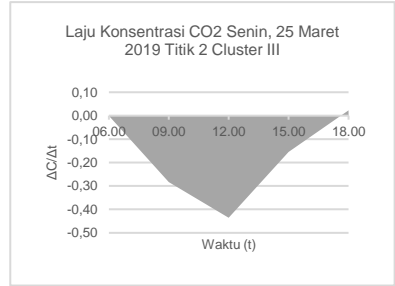
**Gambar 5.15** Grafik Laju Konsentrasi CO<sub>2</sub> Titik 7 *Cluster II*



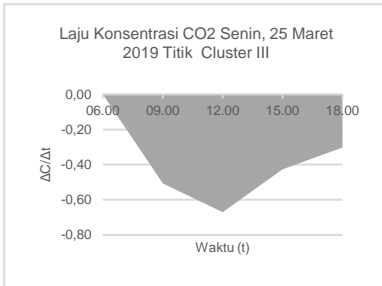
**Gambar 5.16** Grafik Laju Konsentrasi CO<sub>2</sub> Titik 8 *Cluster II*



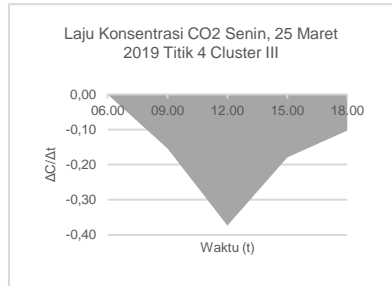
**Gambar 5.17** Grafik Laju Konsentrasi CO<sub>2</sub> Titik 1 Cluster III



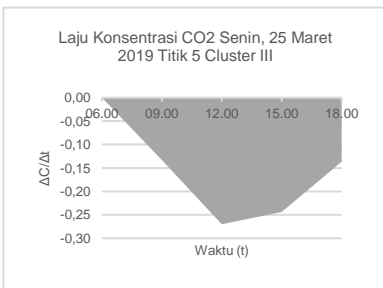
**Gambar 5.18** Grafik Laju Konsentrasi Titik 2 Cluster III



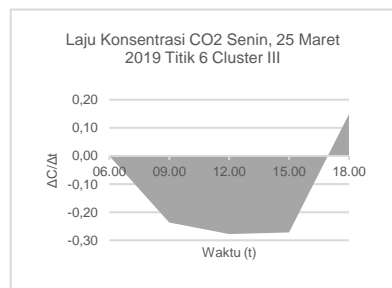
**Gambar 5.19** Grafik Laju Konsentrasi CO<sub>2</sub> Titik 3 Cluster III



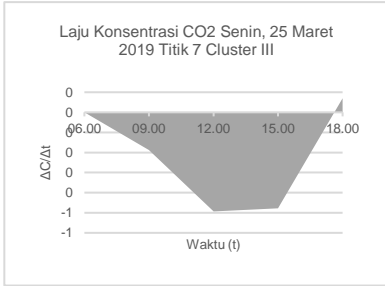
**Gambar 5.20** Grafik Laju Konsentrasi CO<sub>2</sub> Titik 4 Cluster III



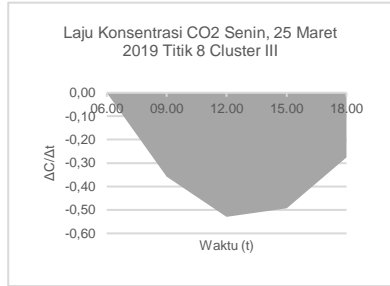
**Gambar 5.21** Grafik Laju Konsentrasi CO<sub>2</sub> Titik 5 Cluster III



**Gambar 5.22** Grafik Laju Konsentrasi CO<sub>2</sub> Titik 6 Cluster III



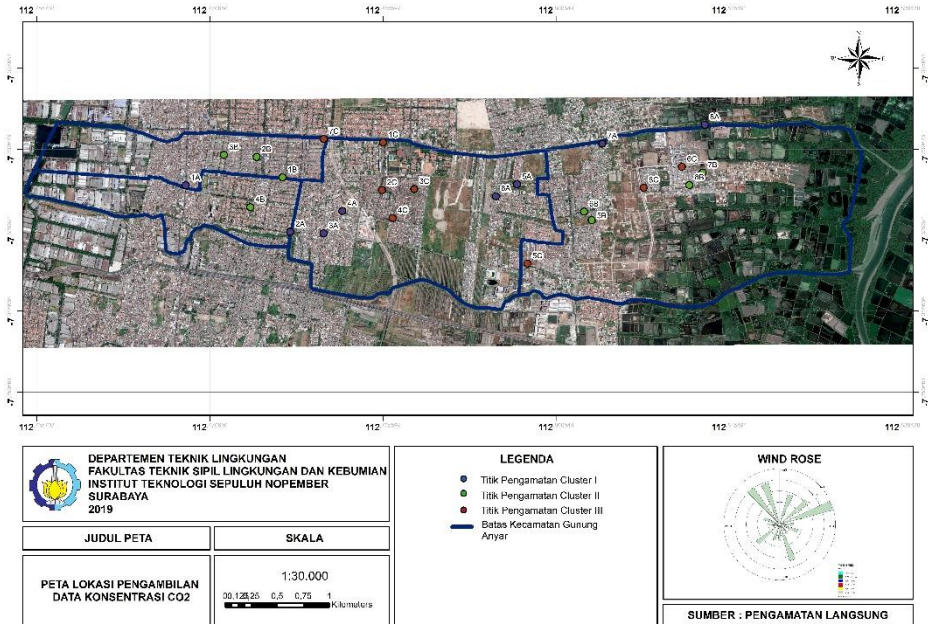
**Gambar 5.23**  
**Grafik Laju Konsentrasi CO<sub>2</sub> Titik 7**  
*Cluster III*



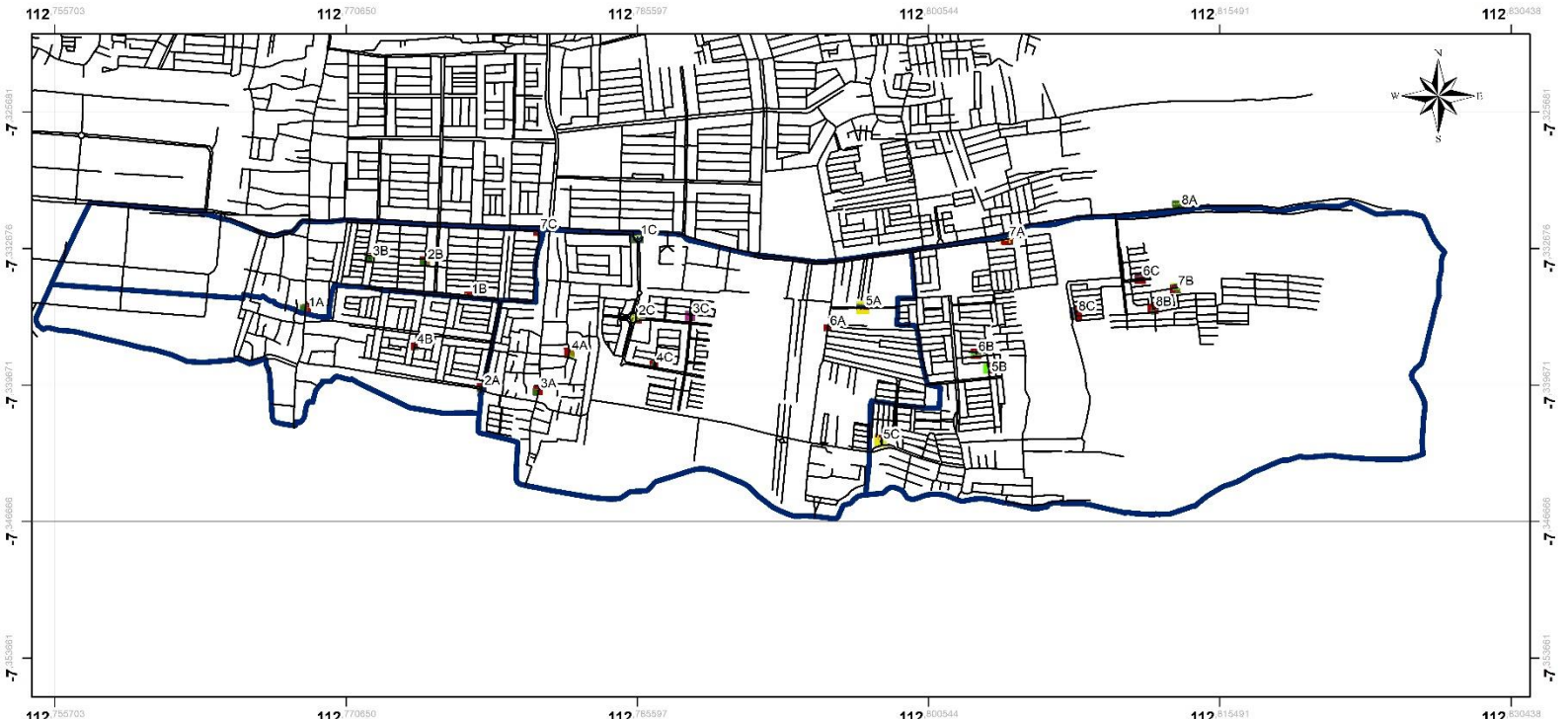
**Gambar 5.24**  
**Grafik Laju Konsentrasi CO<sub>2</sub> Titik 8**  
*Cluster III*



## LAMPIRAN 6 PETA ISOPLETH



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



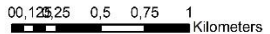
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA  
 2019

JUDUL PETA

SKALA

PETA DELINEASI 24  
 UNIT ANALISIS

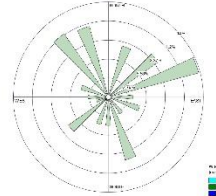
1:30.000



**LEGENDA**

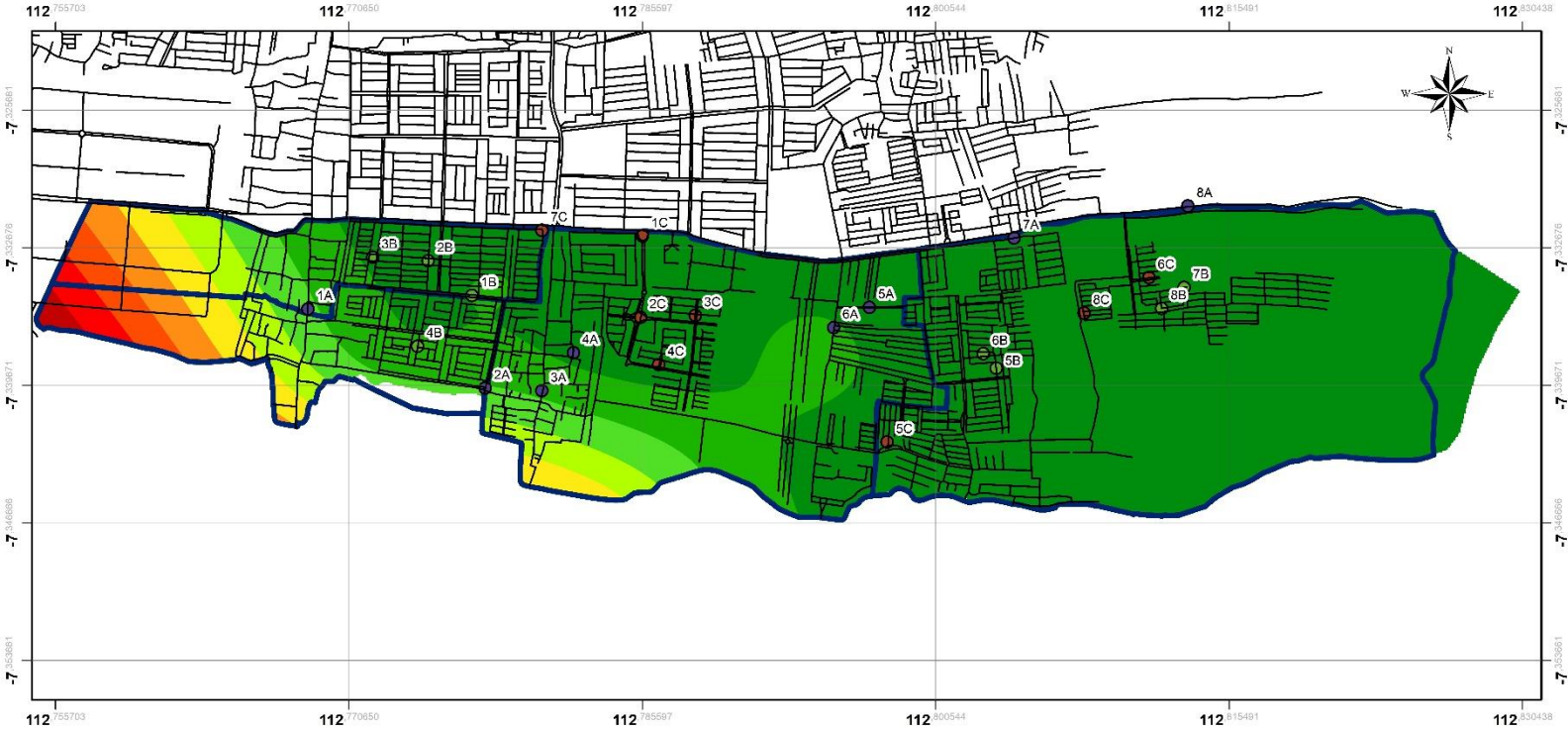
- Bangunan Permukiman
- Jalan
- Perdu
- Pohon
- Semak
- Tanah
- Badan Air
- Titik Pengamatan Cluster I
- Titik Pengamatan Cluster II
- Titik Pengamatan Cluster III
- Batas Kecamatan Gunung Anyar
- Jalan
- Box Delineasi Unit Analisis

**WIND ROSE**



**SUMBER : PENGAMATAN LANGSUNG**

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA  
 2019

JUDUL PETA

PETA ISOPLETH  
 KONSENTRASI CO2

SKALA

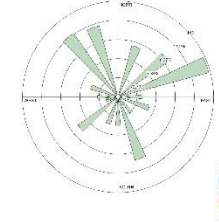
1:30.000



LEGENDA

- 233 - 260 ppm
- 260 - 287 ppm
- 287 - 314 ppm
- 314 - 342 ppm
- 342 - 369 ppm
- 369 - 396 ppm
- 396 - 423 ppm
- 423 - 451 ppm
- 451 - 478 ppm
- Titik Pengamatan Cluster I
- Titik Pengamatan Cluster II
- Titik Pengamatan Cluster III
- Batas Kecamatan Gunung Anyar
- Jalan

WIND ROSE



SUMBER : PENGAMATAN LANGSUNG

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



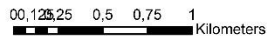
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA  
 2019

JUDUL PETA

PETA ISOPLETH  
 NET\_CO2

SKALA

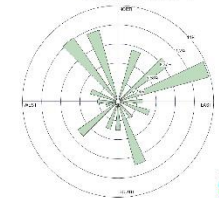
1:30.000



LEGENDA

- 373 - -349 ppm
- 349 - -326 ppm
- 326 - -303 ppm
- 303 - -279 ppm
- 279 - -256 ppm
- 256 - -232 ppm
- 232 - -209 ppm
- 209 - -185 ppm
- 185 - -162 ppm
- Titik Pengamatan Cluster I
- Titik Pengamatan Cluster II
- Titik Pengamatan Cluster III
- Batas Kecamatan Gunung Anyar
- Jalan

WIND ROSE



SUMBER : PENGAMATAN LANGSUNG

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



## LAMPIRAN 7 DOKUMENTASI PENELITIAN



Gambar 7.1 Pengukuran Konsentrasi CO<sub>2</sub>



Gambar 7.2 Pengukuran Kecepatan dan Arah Angin

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Balqis Rana Taqi Jullanar, lahir di Kota Madiun pada tanggal 29 April 1997 yang merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan dasar di Sekolah Dasar Negeri Sukodadi II selama tahun 2003-2009. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Kraksaan selama tahun 2009-2012 dan melanjutkan pendidikan tingkat atas yang dilalui di SMAN 1 Probolinggo selama tahun 2012-2015. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Teknik

Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan, ITS, Surabaya pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 03211540000015.

Selama perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai kegiatan organisasi kemahasiswaan, kepanitiaan, dan aktif sebagai asisten laboratorium Departemen Teknik Lingkungan bidang Teknik Analisis Pencemar Lingkungan. Penulis merupakan staff Departemen Dalam Negeri di Badan Eksekutif Mahasiswa FTSLK ITS periode 2017/2018 dan merupakan sekretaris Komunitas KPPL HMTL ITS periode 2017/2018. Selain itu penulis juga mengikuti kepanitiaan yang diadakan oleh kampus ITS, fakultas, maupun tingkat departemen. Berbagai pelatihan dan seminar nasional dan internasional di bidang Teknik Lingkungan juga telah diikuti dalam rangka untuk pengembangan diri dan penambahan wawasan. Penulis juga memiliki pengalaman kerja praktik pada bidang Quality, Health, Safety, Service and Environment (QHSSE) di BOB PT. Bumi Siak Pusako-Pertamina Hulu, Riau. Bila ada pertanyaan terkait tugas akhir penulis, silahkan menghubungi penulis via email di [balqisrtj@gmail.com](mailto:balqisrtj@gmail.com).

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMAHAN-ITS  
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

KTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR  
Periode: Genap 2018/2019

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)  
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR KTA-02  
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing  
Seminar Kemajuan Tugas Akhir

Hari, tanggal : Selasa, 7 Agustus 2019  
Pukul : 10.00-11.00  
Lokasi : TL 104  
Judul : Studi Reduksi CO2 Udara Ambien oleh Ruang Terbuka Hijau pada Kawasan Permukiman  
Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya  
Nama : Baiqis Rana Taqi Julfanar  
NRP. : 0321154000015  
Topik : Penelitian

Nilai TOEFL : 477

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Seminar Kemajuan Tugas Akhir						
* * * * *	Referensi yg utama. Coba utam / lengkap lebih awal. perjelan mahasiswa pemerik negatif → Kebijakan pemerintah						
	<table border="1"><thead><tr><th>no</th><th>nilai</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>-0,87</td></tr><tr><td>2</td><td>0,72</td></tr></tbody></table> <p>-0,87 2007/2018. 1/2/19</p>	no	nilai	1	-0,87	2	0,72
no	nilai						
1	-0,87						
2	0,72						

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KTA-02 ke Sekreariat Program Sarjana  
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing  
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir
2. Tidak dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir

Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. R. Inwan Bagyo Santoso, MT.



**KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR**

Nama : Balqis Fana Taqi Jullianir  
NRP : 0321154000018  
Judul : Studi Reduksi CO<sub>2</sub> Udara Ambien Oleh Ruang Terbuka Hijau pada Kawasan Perumahan di Kecamatan Gunung Anyar

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	7/3/2019	Metodologi penelitian skripsi	L.
2	12/3/2019	- penentuan arsitektur skema - penentuan data - lokasi survey	L.
3	24/3/2019	Chk preskripsi	L.
4	10/4/2019	Hasil pengujian CO <sub>2</sub>	L.
5	17/4/2019	perhitungan nilai CO <sub>2</sub>	L.
6	20/4/2019	- perbandingan hasil nilai suhu - hasil pengujian suhu udara - data perbandingan variabel suhu	L.
7	30/4/2019	model pengumpulan data pengujian suhu + tsm	L.
8	29/6/2019	perhitungan hasil model & pengujian	L.

Mengantun Prof. Pan. R. Santoso, M.T.  
Dosen Pembimbing

Dr. Ir. P. Iwan Bagyo Santoso, M.T.



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN - ITS  
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR  
Periode: Genap 2018-2019

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)  
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02  
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing  
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Selasa, 9 Juli 2019  
Pukul : 07.30 - 09.30  
Lokasi : TL-101  
Judul : STUDI REDUKSI CO<sub>2</sub> UDARA AMBIEN OLEH RUANG TERBUKA HIJAU PADA KAWASAN

Nilai TOEFL 477

Nama : Balqis Rana Taqi Jullanar  
NRP. : 0321154000015  
Topik : Penelitian Lapangan

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
	<p>* permula <math>\gamma</math> &amp; <math>x</math> diganti dg permula yg dibalik <math>C \gamma \rightarrow</math> Hst de <math>\alpha = 2 \text{ (Rut de)}</math></p> <p>* Sesua. dg saran dosen pembimbing</p>

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana  
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistansi kepada Dosen Pembimbing  
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester).

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT.

Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT





**FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR**

Nama : Dalqis Pana Taqi Jullanar  
NRP : 0321154000015  
Judul Tugas Akhir : Studi Reduksi CO<sub>2</sub> Udara Ambien Oleh Ruang Terbuka Hijau pada Kawasan Perumahan Kecamatan Gunung Anyar Surabaya

No	Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1.	Abstrak bahasa Inggris diperbaiki	Sudah di perbaiki iii
2.	Gambar diperbesar	Sudah di perbaiki di halaman 6, 11, 12, 17, 18, 21, 23, 25, 26, 27
3.	Model penetapan RTH digantikan dengan parameter yang diteliti	Sudah di perbaiki di halaman 115
4.	Penjelasan dan peta CO <sub>2</sub> harap di buat komprehensif	Sudah di perbaiki di halaman 109
5.	Perbaiki perhitungan RTH berdasarkan CO <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub>	Sudah di perbaiki di halaman 98-102
6.	Windrose & notasi di map perbaiki dan dilengkapi	Sudah di tambahkan di halaman 106-113

Dosen Pembimbing,

Dr. Ir. P. Irwan Bayu Santoro, MT

Mahasiswa Yps.,

Bala T.J